مساعد الطالب في

الكيمياء



السادس العلمي الفرع التطبيقي

اعداد الاستاذ : رحيم عبد جواد الاعاجيبي

Des : Mostafa kh

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿وقل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون﴾

انطلاقا من قول المصطفى (ص): ((زكاة العلم نشرهُ و تعليمهُ))

تضع شبكة مواقع رحلة التفوق في السادس التعليمية التربوية الخيرية بين ايديكم احدى اعمالها من ملازم مرحلة السادس الأعدادي هذه المرحلة الهامة والمصيرية في حياة اعزائنا الطلبة وخاصة المتعففين منهم ولمن يتعذر عليه اقتناء هذه المساعدات المدرسية في محافظاتنا العراقية العزيزة بهدف النهوض وتطوير الواقع التعليمي ولو بالجزء اليسير.

إذ أن شبكتنا لاتقتصر عاى نشر الملازم المدرسية فقط أنما تقوم بنشر الدروس المرئية المجانية لأكفأ التدريسيين بالأضافة الى مجموعة قنواتنا التدريسية وكذلك الأرشادات والنصائح وطرق الدراسة الصحيحة هذا من جهة. أما من جهة أخرى فهو كسر لشوكة بعض المحسوبين على الكادر التدريسي ممن يرفضون نشر ملازمهم والتعاون مع ابنائهم الطلبة ليأخذوا من المال هدفا أهم ويتناسوا مصلحة الطالب والواقع التعليمي المتدني.

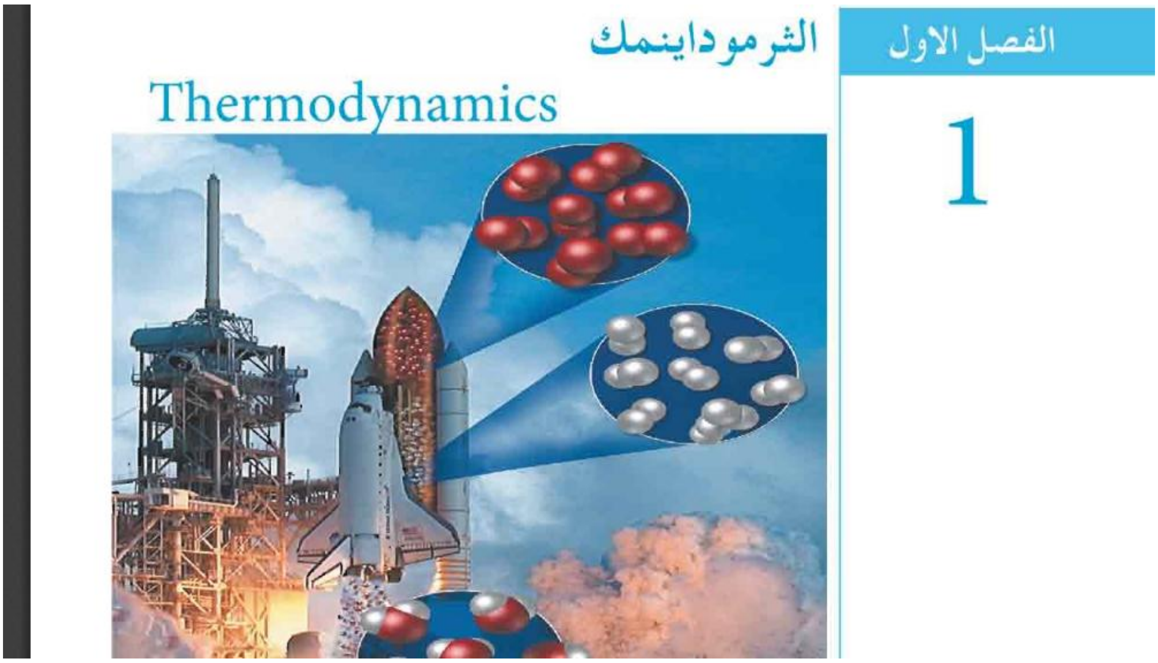
علماً ان كادر الشبكة والقائمين عليها هم مجموعة من الشباب العراقي الواعي المثقف بالأضافة الى تعاون بعض المدرسين الكرام كما واننا غير تابعين لأي جهة كانت رسمية او غير رسمية انما سر تجمعنا وعملنا هو خيري بحت أملين من الله عز وجل ان يوفقنا لتقديم كل ما هو صالح لشعبنا و وطننا الحبيب.

كادر شبكة رحلة التفوق في السادس

٢٠١٥/٨/٢١

ا.د : اشرف الوائلي

ا.د : مينا الاحمد



الكيمياء للصف السادس

الفصل الأول الثرموداينمك(التطبيقي)

تعاريف – تعاليل – فروقات – قوانين – حلول بعض الأمثلة والتمرينات وأسئلة الكتاب

اعداد الأستاذ

رحيم عبد جواد الأعاجيبي

رقم الهاتف 07804010634

رحلة التفوق
عطاءٌ بلا حدود
A. M. Z

ما هو علم الثرموداينمك :-
يهتم بدراسة الطاقة وتحولاتها ويهدف نحو تحويل اكبر قدر ممكن من الطاقة الحرارية الناتجة من احتراق الوقود الى انواع اخرى من الطاقات مثل الطاقة الميكانيكية للاستفادة منها في عمل المحركات

ماذا يفسر علم الثرموداينمك :-
1- سبب حدوث التفاعلات الكيميائية
2 - التنبؤ بحدوث التغيرات الكيميائية والفيزيائية عندما توجد مادة او اكثر تحت ظروف معينة
3- حدوث بعض التفاعلات تلقائياً واخرى لا تحدث ابداً بشكل تلقائي عند نفس الظروف
4- سبب حدوث الطاقة المصاحبة للتفاعلات الكيميائية سواء في التفاعلات نفسها او في وسط المحيط بها

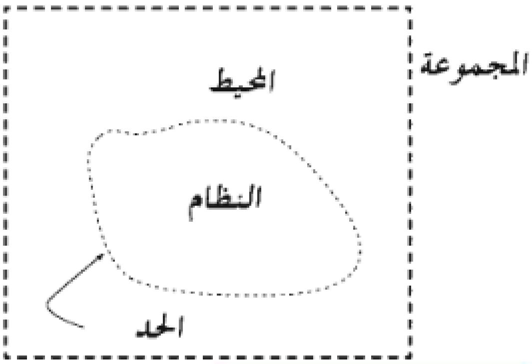
ويمكن تقسيم الطاقة بشكل عام الى قسمين رئيسين هما :
1- الطاقة الكامنة وهي تشمل الطاقة الكيميائية المخزونة في جميع المواد وجميع انواع الوقود
2- الطاقة الحركية فهي تشمل طاقة جميع الاجسام المتحركة مثل الجزيئات والماء المتحرك والسيارات

ما هو نص القانون الأول في علم الثرموداينمك:
الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم ولكن يمكن تحويلها من شكل الى آخر

ما هي وحدات الطاقة ودرجة الحرارة :
هي الجول Joule ودرجة الحرارة هي الكلفن (K)

كيف تحسب الطاقة الحركية ودرجة الحرارة ؟
الطاقة الحركية KE تعرف بانها تساوي حاصل ضرب نصف في الكتلة في مربع السرعة من العلاقة الاتية : $KE=\frac{1}{2}m.V^2$ حيث ان m تعني الكتلة وV هي السرعة وان وحدات السرعة هي المتر على الثانية ($\frac{m}{s}$) اما درجة الحرارة تحسب من العلاقة الاتية $T(K)=t(C^0)+273$

من اهم المصطلحات الثرموداينمكية هو النظام هو عبارة عن جزء معين من الكون (نهتم بدراسته) يتكون من المادة او المواد المشتركة في حدوث تغيرات فيزيائية وكيميائية محدودة داخل حدود معينة قد تكون حقيقية او تخيلية اما ما تبقى خارج هذه الحدود فيسمى بالمحيط ويسمى النظام والمحيط بالكون المجموعة = النظام + المحيط



ما هي اقسام النظام الثرموداينمك؟
1- النظام المفتوح هو النظام الذي يسمح بتبادل مادة النظام وطاقته مع المحيط مثل ماء مغلي في اناء معدني بدون غطاء
2- النظام المغلق هو النظام الذي يسمح بتبادل الطاقة فقط ولا تسمح بتغير كمية مادة النظام

مثل ماء مغلي في اناء معدني مغلق تتسرب الطاقة وتبقى كمية الماء دون تغير
3- النظام المعزول هو النظام الذي لا يسمح بتبادل المادة والطاقة مع المحيط اي النظام لا يتأثر مثل الثرموس

ما المقصود بالحرارة ودرجة الحرارة؟
هي انتقال الطاقة الحرارية بين جسمين درجة حرارتهما مختلفة ويرمز لها بالرمز q
اما درجة الحرارة فهي مقياس للطاقة الحرارية

ما العلاقة بين الحرارة المفقودة والمكتسبة مع التغير في درجات الحرارة مع ذكر القانون العلاقة هي طردية
هو $\Delta T = T_F - T_i$ حيث ان (T_F) تمثل درجة الحرارة النهائية و T_i تمثل درجة الحرارة الابتدائية

اشتق العلاقة التي يمكن من خلالها نحسب كمية الحرارة ؟
تتناسب كمية الحرارة طردياً مع التغير بالحرارة 1-- $q \alpha \Delta T$ نحول التناسب الى مساواة ونضرب التغير بالحرارة بثابت تناسب (السعة الحرارية) (C) 2---------- $q = C.\Delta T$ وبما ان السعة الحرارية تساوي الحرارة النوعية في الكتلة 3--------- $C = \varsigma \times m$ وبالتعويض في معادلة 2 نحصل العلاقة المطلوبة

$$q(J) = \varsigma\left(J/g.C^0\right) \times m(g) \times \Delta T\left(C^0\right)$$

عرف كل من السعة الحرارية والحرارة النوعية مع ذكر وحداتها ؟
السعة الحرارية بانها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة m مقدار بالغرام من اي مادة درجة سيليزية واحدة ووحداتها $\left(J/C^0\right)$
الحرارة النوعية بانها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة غرام واحد مقدار بالغرام من اي مادة ووحداتها $\left(J/g.C^0\right)$

كيف يتم حساب كمية الحرارة ؟
1- نحسب التغير بالحرارة $\Delta T = T_F - T_i$ 2- $q(J) = \varsigma\left(J/g.C^0\right) \times m(g) \times \Delta T\left(C^0\right)$

3- وعند التحويل من جول الى كيلو جول نستخدم $q(KJ) = q(J) \times \frac{1KJ}{1000(J)} = q(KJ)$ تقسم على الف

وعند التحويل من KJ الى J تضرب في 1000

تمرين (1-1) تغيرت درجة حرارة قطعة من المغنسيوم كتلتها 10g من $25C^0$ الى $45C^0$ مع اكتساب حرارة مقدارها (J) 205 احسب الحرارة النوعية لقطعة المغنسيوم

$$\Delta T = T_F - T_i \Rightarrow \Delta T = 45C^0 - 25C^0 = 20C^0$$

$$q(J) = \varsigma\left(J/g.C^0\right) \times m(g) \times \Delta T\left(C^0\right)$$

$$205(J) = \varsigma\left(J/g.C^0\right) \times 10g \times 20C^0 \Rightarrow$$

$$\varsigma\left(J/g.C^0\right) = \frac{205(J)}{200\left(g.C^0\right)} = 1.03\left(J/g.C^0\right)$$

تمرين (1-2) قطعة من الفضة كتلتها 360g وسعتها الحرارية $86J/C^0$ أحسب حرارتها النوعية
الاجابة:- من القانون التالي : $C\left(J/C^0\right) = \varsigma\left(J/g.C^0\right) \times m(g)$ نجد الحرارة النوعية

$$C(J/C^0) = \varsigma(J/g.C^0) \times m(g)$$
$$86(J/C^0) = \varsigma(J/g.C^0) \times 360(g) \Rightarrow \varsigma(J/g.C^0) = \frac{86}{360}$$
$$\varsigma(J/g.C^0) = 0.24(J/g.C^0)$$

س عرف حرارة التفاعل (التغير بالانثالبي) هي دالة ثرموداينمكية وخاصية شاملة وهي تمثل كمية الحرارة الممتصة او المنبعثة المقاسة بثبوت الضغط ويرمز لها H وللتغير ولا يمكن قياس القيم المطلقة لها لأنها دالة حالة ويقاس لها التغير الحاصل فيها ΔH وتكون $\Delta H = q_p$ حيث ان q_p الحرارة المقاسة عند ضغط ثابت

س ماذا تخبرنا قيم الانثالبي التفاعل ΔH_r ؟

تخبرنا ان التفاعل باعث للحرارة او ماص للحرارة $\Delta H_r < 0$ اصغر من الصفر تكون قيم ΔH_r سالبة ($\Delta H_r = -$) يكون التفاعل باعث

اما اذا $\Delta H_r > 0$ اي قيم ΔH_r موجبة ($\Delta H_r = +$) يكون التفاعل ماصاً للحرارة

ويمكن حساب ΔH_r من العلاقة الاتية : $\Delta H_r = \Delta H_{(products)} - \Delta H_{(Reactants)}$

س عرف دالة الحالة :- هي تلك الخاصية او الكمية التي تعتمد على الحالة الابتدائية للنظام قبل التغير ، والحالة النهائية للنظام بعد التغير بغض النظر عن الطريق او المسار الذي تم من خلاله التغير مثل الانثالبي و الانتروبي والطاقة الحرة

س علل تعتبر الانثالبي والانتروبي دال حالة لأنها تعتمد على كمية المادة وتعتبر دالة حالة لأنها تعتمد على الحالة الابتدائية والحالة النهائية

دالة المسار / هي تلك الخاصية او الكمية التي تعتمد على المسار او الخطوات التي مر خلالها التغير ولا تعتمد على الحالة الابتدائية والنهائية مثل الحرارة والشغل

س علل ان الحرارة والشغل لا تعتبر دوال حالة ؟لأنها تعتمد على المسار او الخطوات التي مر خلالها التغيير لذا لا تعتمد على الحالة الابتدائية والحالة النهائية للنظام فقط

س ماهي الخواص العامة للمواد ؟

1- الخواص الشاملة وهي تشمل جميع الخواص التي تعتمد على كمية المادة الموجودة في النظام مثل الكتلة والحجم والسعة الحرارية والانثالبي والانتروبي والطاقة الحرة

2- الخواص المركزة وتشمل جميع الخواص التي لا تعتمد على كمية المادة الموجودة في النظام مثل الضغط ودرجة الحرارة والكثافة والحرارة النوعية

الكيمياء الحرارية :- علم يهتم بدراسة الحرارة الممتصة والمنبعثة نتيجة التغيرات الفيزيائية والكيميائية اي تهتم بحساب انثالبي التفاعلات الكيميائية والتغيرات الفيزيائية وتكون على نوعين من التفاعلات

التفاعل الباعث للحرارة يحول الطاقة الحرارية من النظام الى المحيط كما في التفاعل الكيميائي والتغيير الفيزيائي

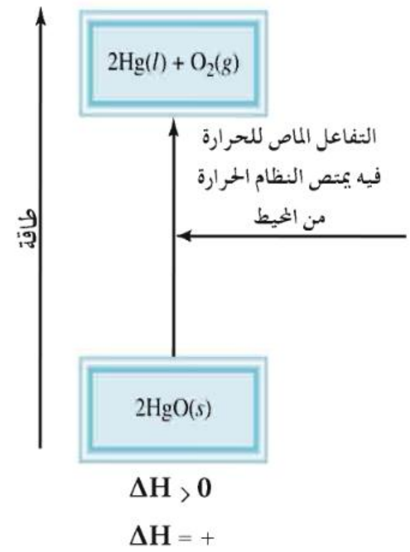
تفاعل كيميائي $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)} + Energy$

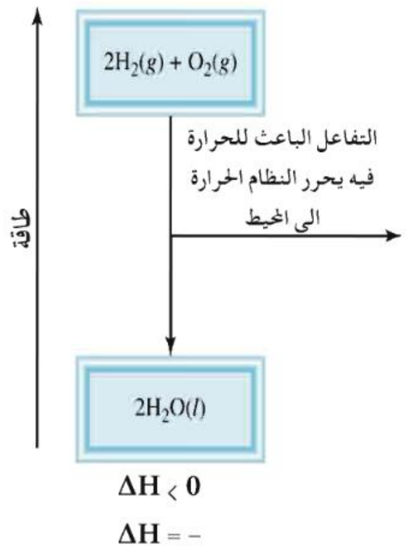
والتغيير الفيزيائي $H_2O_{(g)} \rightarrow H_2O_{(l)} + Energy$

اما التفاعل الماص للحرارة يمتص النظام الطاقة الحرارة من المحيط كما في التفاعل الكيميائي والتغيير الفيزيائي

تفاعل كيميائي $2HgO_{(s)} + Energy \rightarrow 2Hg_{(l)} + O_{2(g)}$

تغير فيزيائي $H_2O_{(s)} + Energy \rightarrow H_2O_{(l)}$

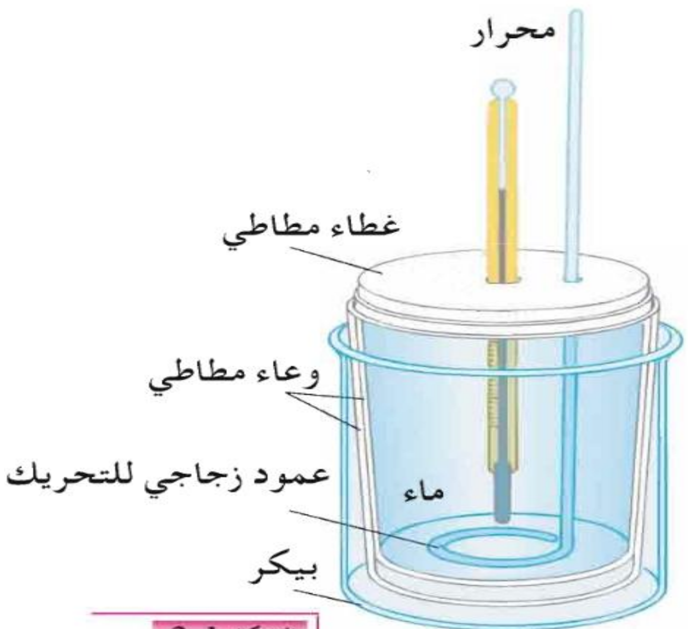




المسعر هو جهاز يستخدم لقياس حرارة التفاعل (انثالبي التفاعل) الممتصة او المتحررة في التفاعل الكيميائي تحت ضغط ثابت ويتكون من وعاء للتفاعل مغمور في كمية معينة من الماء معروفة الكتلة موجودة في وعاء معزول عزلاً جيداً .

تمرين(1-3)صف المسعر الحراري الذي تتم بوساطته قياس الحرارة الممتصة والمنبعثة عند ثبوت الضغط q_p

هو جهاز يستخدم لقياس حرارة التفاعل (انثالبي التفاعل) الممتصة او المتحررة في التفاعل الكيميائي عند ثبوت الضغط يتكون من : من وعاء للتفاعل مغمور في كمية معينة من الماء معروفة الكتلة موجودة داخل وعاء مطاطي معزول عزلا جيداً كما موضح بالشكل(1-2)التالي :



الشكل 1-2

قياس كمية حرارة التفاعل من الزيادة في درجة الحرارة الماء والمسعر $\Delta H = q_p$

س كيف يتم حساب كمية الحرارة باستخدام المسعر الحراري ؟
نفس الخطوات السابقة ونكمل الحل نجعل كمية الحرارة المتحررة بالقيمة السالبة
ونستخرج عدد المولات من $n(mole)=\frac{m(g)}{M(g/mole)}$ ثم نقسم كمية الحرارة المتحررة
على عدد المولات المستخرجة وتصبح ووحداتها جول على مول كما في التمرين ادناه:

تمرين (1-4) اذا تم حرق 3g من مركب الهيدرازين N_2H_4 كتله المولية تساوي 32g/mole في مسعر مفتوح يحتوي على 1000g من الماء الحرارة النوعية للماء $4.2\ J/g.C^0$ فان درجة الحرارة ترتفع من $24.6C^0$ الى $28.2C^0$ احسب الحرارة المتحررة نتيجة الاحتراق والانثالبي لاحتراق 1mole من الهيدرازين بوحدة KJ/ mole على افتراض ان السعة الحرارية للمسعر مهملة
الاجابة :-

$$\Delta T=T_F-T_i \Rightarrow \Delta T=28.2-24.6=3.6C^0$$

$$q=\varsigma.m.\Delta T \Rightarrow q(J)=4.2(J/\cancel{g}.\cancel{C^0})\times 1000\cancel{g}\times 3.6\cancel{C^0}$$

$$q(J)=4.2(J)\times 3600 \Rightarrow q(J)=15120(J)$$

بما ان نريد حساب كمية الحرارة المتحررة فان هذه الكمية من الحرارة يجب ان تكون سالبة اي تساوي (J)15120- ثم نقسمها على عدد المولات التي تساوي :

$$n(mole)=\frac{m(g)}{M(g/mole)}=\frac{3(\cancel{g})}{32(\cancel{g}/mole)}=0.094(mole)$$

$$q_P=\frac{-q}{n(mole)} \Rightarrow q_P=\frac{-15120(J)}{0.094(mole)}=-160851(J/mole)$$

$$\Delta H=q_P \Rightarrow \Delta H=-160851(J/mole)$$

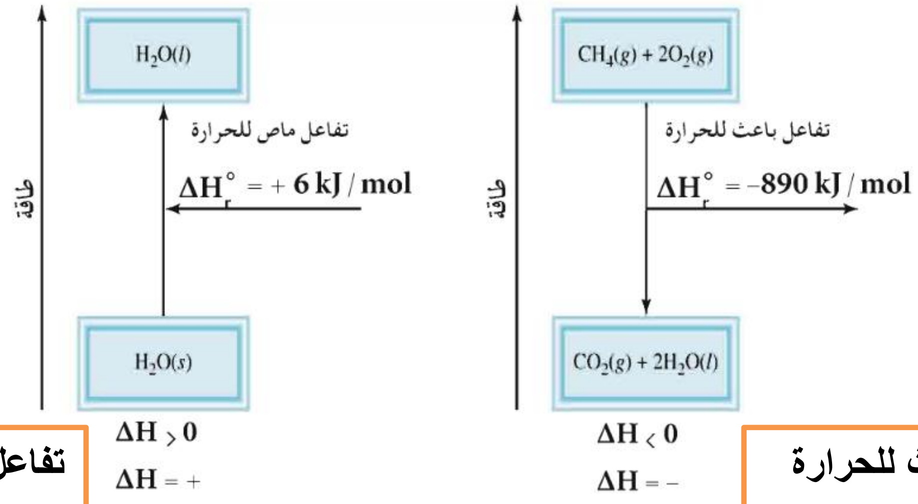
نحول وحدة الانثالبي من J/mol الى KJ نقسمها على 1000 وحسب الاتي :

$$\Delta H(KJ/mol)=\Delta H(J/mol)\times\frac{1KJ}{1000(L)}$$

$$\Delta H(KJ/mol)=-160851(\cancel{J}/mol)\times\frac{1KJ}{1000(\cancel{J})}=-161\left(\frac{KJ}{mol}\right)$$

المعادلة الكيميائية الحرارية :-هي معادلة كيميائية موزونة تعبر عن التفاعلات الكيميائية والتغيرات الفيزيائية وتختلف عن المعادلات الاخرى والتي تبين التفاعلات الماصة والباعثة
س ماذا تبين المعادلة الكيميائية ؟
1- اشارة انثالبي التفاعل او التغير الفيزيائي $\Delta H=+$ تفاعل ماص او $\Delta H=-$ تفاعل باعث للحرارة
مثل تفاعل تحول المادة الصلبة الى سائلة (الانصهار) $H_2O_{(s)}\rightarrow H_2O_{(l)}$ يمتص حرارة مقدارها
$\Delta H=6KJ/mol$ ويمكن ان تكتب المعادلة اعلاه $H_2O_{(s)}+6KJ/mol\rightarrow H_2O_{(l)}$
تكتب الطاقة الممتصة مع المواد المتفاعلة المواد الناتجة عند الرسم تكون في الاعلى والمتفاعلة في الاسفل **التفاعل**.:
الباعث للحرارة يكتب حرارة التفاعل المنبعثة $\Delta H=-$ مع المواد الناتجة
مثل $CH_{4(g)}+2O_{2(g)}\rightarrow CO_{2(g)}+2H_2O_{(l)}\ \Delta H=-890KJ/mol$

او $CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + 890KJ/mol$ تفاعل باعث للحرارة



تفاعل ماص للحرارة

تفاعل باعث للحرارة

2- يجب ذكر الحالة الفيزيائية للمواد الداخلة في التفاعل والناتجة منه وتستعمل عادة حروف هي S الصلبة و(l) تعني السائلة و g تعني غاز و aq تعني المحلول المائي

3- اذا تم عكس التفاعل الكيميائي او التغير الفيزيائي فان اشارة انثالبي التفاعل تتغير من الموجب الى السالب مثل

1) $H_2O_{(s)} \rightarrow H_2O_{(l)}\ \Delta H = 6KJ/mol$

2) $H_2O_{(l)} \rightarrow H_2O_{(s)}\ \Delta H = -6KJ/mol$

4-عند ضرب او قسمة طرفي المعادلة بمعامل عددي معين يجب ان تجري نفس العملية على ΔH

مثل $H_2O_{(s)} \rightarrow H_2O_{(L)}\ \Delta H = 6KJ/mol$ تضرب في 2 تصبح الشكل التالي :

.. $2H_2O_{(s)} \rightarrow 2H_2O_{(l)}\ \Delta H = 12KJ/mol$

س علل يجب ذكر الحالة الفيزيائية للمواد الداخلة في التفاعل والناتجة منه؟

السبب في ذلك لان كمية الحرارة الممتصة او المتحررة تتغير بتغير الحالة الفيزيائية لمواد التفاعل مثال على ذلك

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H^0_r = -286KJ/mole$$

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(g)} \qquad \Delta H^0_r = -242KJ/mole$$

انثالبي التفاعل القياسية $\Delta^0 H_r$:-

وهي القيمة التي يتم قياسها عند الظروف القياسية والتي درجة الحرارة $25C^0(298K)$ وضغط 1atm

---

س ما هي انواع الانثالبيات؟

1- انثالبي التكوين القياسية 2- انثالبي الاحتراق القياسية 3- انثالبي التغيرات الفيزيائية

1- انثالبي التكوين القياسية :-تعرف بانها الحرارة اللازمة (ممتصة او منبعثة) لتكوين مول واحد من اي مركب من عناصره الاساسية المتواجدة بأثبت صورها في الظروف القياسية $25C^0$ وضغط1atm

ويرمز لها $\Delta^0 H_F$ قانون حسابها $\Delta H_F{}^0 = \frac{\Delta H^0{}_r}{n(mol)}$ وحداتها (KJ/mol)

س ما هي شروط الانثالبي التكوين القياسية $\Delta^0 H_F$ ؟ 1- يجب ان تكون من مول واحد وان لم نقسمها على عدد

المولات 2- وتتكون المادة من عناصرها الاساسية بأثبت صورها 3- في الظروف القياسية $25C^0$ وضغط 1atm
1- تكون مول واحد من المادة الناتجة 2- وتتكون المادة من عناصرها الاساسية بأثبت صورها
3- في الظروف القياسية $25C^0$ وضغط 1atm

س ما هي الشروط التي تحقق تساوي $\Delta^0 H_F = \Delta^0 H_r$ ؟
1- تكون مول واحد من المادة الناتجة 2- وتتكون المادة من عناصرها الاساسية بأثبت صورها
3- في الظروف القياسية $25C^0$ وضغط 1atm

س الغاية من وجود الكسور في معادلة الحرارية ؟ هو الحصول على مول واحد من المادة المتكونة

مثال هل ان المعادلة الكيميائية تمثل معادلة التكوين وهل يمكن جعلها معادلة تكوين ؟

$$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightarrow 2HBr_{(g)} \quad \Delta^0 H_r = -72KJ$$

لا تمثل معادلة تكوين لان المادة الناتجة HBr تتكون من مولين ويمكن ان نضرب طرفي المعادلة $\frac{1}{2}$ نحصل على مول واحد HBr من عناصرها الاساسية وبأثبت صورها فانثالبي التكوين القياسية للمركب HBr تساوي

$$\Delta H^0_f(HBr) = \frac{1}{2}\Delta H^0_r = \frac{-72}{2} KJ/mol \Rightarrow \Delta H^0_F(HBr) = -36KJ/mol$$

تصبح معادلة التكوين

$$\frac{1}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{2}Br_{2(g)} \rightarrow HBr_{(g)} \quad \Delta H_r^0 = -36KJ/mol$$

تمرين (1-5)اذا علمت ان حرارة التكوين القياسية لحامض الكبريتيك $\Delta H^0_F(H_2SO_4) = -811KJ/mol$
اكتب المعادلة الكيميائية الحرارية للتفاعل بحيث تكون $\Delta H^0_r = \Delta H^0_F(H_2SO_4)$

الاجابة:- كتابة معادلة حرارة التكوين القياسية لحامض الكبريتيك ومن عناصره الاساسية وبأثبت صورها لمول واحد من الحامض

$$H_{2(g)} + S_{(rhombic)} + 2O_{2(g)} \rightarrow H_2SO_4$$

$$\Delta H^0_{F(H_2SO_4)} = -811(KJ/mol)$$

تمرين (1-6) احسب ΔH^0_r للتفاعل التالي اذا علمت ان انثالبي التكوين القياسية لفلوريد الهيدروجين HF تساوي

$$H_{2(g)} + F_{2(g)} \rightarrow 2HF_{(g)} \quad \Delta H^0_F(HF) = -271KJ/mol$$

$$\Delta H^0_F(HF_{(g)}) = \frac{\Delta H^0_r}{n(mol)} \Rightarrow -271(KJ/mol) = \frac{\Delta H^0_r}{2(mol)}$$

$$\Delta H^0_r = -271(KJ/\cancel{mol}) \times 2(\cancel{mol}) = -542(KJ)$$

تمرين (1-7) احسب انثالبي التكوين القياسية لسائل الماء بالاستعانة بالتفاعل الاتي :

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)} \quad \Delta H^0_r = -572KJ$$

ج / $-286KJ$

الاجابة:-

$$\Delta H^0{}_F(H_2O)=\frac{\Delta H^0{}_r}{n(mol)}\Rightarrow \Delta H^0{}_F(H_2O)=\frac{\Delta H^0{}_r}{2(mol)}$$

$$\Delta H^0{}_F(H_2O)=\frac{-572KJ}{2(mole)}=-286KJ/mole$$

2- انثالبي الاحتراق القياسية:- وتعرف بانها الحرارة المتحررة من حرق مول واحد من اي مادة حرقاً تاماً مع الاوكسجين عند الظروف القياسية من درجة حرارة $25C^0$ وضغط 1 atm ويرمز لها $\Delta H^0{}_C$ وحداتها هي KJ/mol ويمكن حسابها من $\Delta H^0{}_C=\frac{\Delta H^0{}_r}{n(mol)}$

عند حرق العناصر مع الاوكسجين يؤدي الى تكوين اكاسيدها اما عند حرق المواد العضوية فينتج

$CO_{2(g)}+H_2O_{(l)}+$ حرارة منبعثة

س ما الشرط الاساسي لتساوي $\Delta H^0{}_r=\Delta H^0{}_C$ ؟

1- حرق مول واحد من المادة مع كمية وافية من الاوكسجين 2- وعند الظروف القياسية $25C^0$ وضغط 1atm

---

س ما شروط تحقق معادلة الاحتراق $\Delta H^0{}_C$ ؟

1- حرق مول واحد من اي مادة 2- وعند الظروف القياسية $25C^0$ وضغط 1atm

3- حرق تام بكمية وافرة من الاوكسجين 4- تكون باعث للحرارة دائماً 5- تكون المادة المحترقة في المتفاعلات

تمرين (1-8) اكتب معادلة احتراق سائل البروبان C_3H_8 اذا علمت ان

$$\Delta H^0{}_C(C_3H_8)=-2219KJ/mol$$

الاجابة :- $C_3H_{8(g)}+5O_{2(g)}\xrightarrow{\Delta}3CO_{2(g)}+4H_2O_{(l)}\quad \Delta H^0{}_C=-2219KJ/mol$

3- انثالبي التغيرات الفيزيائية:- وهي تمثل حالات المادة التي تتغير من طور الى طور آخر وتكون على انواع هي 1- انثالبي التبخر ΔH_{VaP} 2– انثالبي التكثيف ΔH_{cond} عكس التبخر

3– انثالبي الانصهار ΔH_{fus} 4- انثالبي الانجماد او التبلور ΔH_{cryst})عكس الانصهار

1- انثالبي التبخر:- وهي الحرارة اللازمة لتبخر مول واحد من اي مادة وتكون ماصة للحرارة

2– انثالبي التكثيف وهي تحول المادة من حالة التبخر الى حالة سائلة وتكون عكس التبخر مثل

$H_2O_{(l)}\xrightarrow{\Delta H_{VaP}}H_2O_{(g)}\quad \Delta H_{VaP}=44KJ/mol$ يكون التحول ماص للحرارة

$H_2O_{(g)}\xrightarrow{\Delta H_{cond}}H_2O_{(l)}\quad \Delta H_{cond}=-44KJ/mol$ يكون التحول باعث للحرارة

3– انثالبي الانصهار :- وهي الحرارة اللازمة لانصهار مول واحد من اي مادة صلبة وتحولها الى الطور السائل

4- انثالبي الانجماد او التبلور:- وهي تحول المادة السائلة الى المادة الصلبة ولانجماد مول واحد من المادة

مثل $H_2O_{(s)}\xrightarrow{\Delta H_{fus}}H_2O_{(l)}\quad \Delta H_{fus}=6KJ/mol$ تفاعل ماص للحرارة

$$H_2O_{(l)} \xrightarrow{\Delta H_{Cryst}} H_2O_{(s)} \quad \Delta H_{Cryst} = -6KJ/mol$$ تفاعل باعث للحرارة ويمكن تلخيص اعلاه :

$$\Delta H_{fus} = -\Delta H_{cryst} \quad و \quad \Delta H_{VaP} = -\Delta H_{cond}$$

تمرين(1-9) اذا علمت ان انثالبي الانصهار لحامض الخليكCH_3COOH الثلجي 5.11KJ/mol احسب انثالبي الانجماد لهذا الحامض الاجابة:-

$$CH_3COOH_{(S)} \xrightarrow{fusion} CH_3COOH_{(l)} \quad \Delta H_{fus} = 5.11KJ/mol$$

$$CH_3COOH_{(l)} \xrightarrow{Cryst} CH_3COOH_{(s)} \quad \Delta H_{Cryst} = -5.11KJ/mol$$

$$\Delta H_{fus} = -\Delta H_{Cryst} = -5.11KJ/mol$$

قانون هيس لحساب انثالبي التفاعل القياسية :- عند تحويل المتفاعلات الى نواتج فان التغير في انثالبي التفاعل هو نفسه سواء تم التفاعل في خطوة واحدة او سلسلة من الخطوات

س هنالك العديد من المركبات الكيميائية لا يمكن تصنيعها بشكل مباشر من عناصرها اي قياس ΔH^0_r لأسباب عديدة

1- ان التفاعل قد يسير ببطء شديد 2- قد تكون مركبات جانبية غير مرغوبة لذا يتم اللجوء الى قياس ΔH^0_r بطريقة غير مباشرة وتعتمد على قانون هيس

مثال احسب حرارة التفاعل ΔH^0_r للتفاعل الاتي :-

$$C_{(graphite)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow CO_{(g)} \quad \Delta H^0_r = ?$$ اذا اعطيت المعادلات الحرارية الاتية:

$$(1) C_{(graphite)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H^0_r = -393.5KJ/mol$$

$$(2) C_{(graphite)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H^0_r = -283KJ/mol$$

نلاحظ من حيث الموقع وعدد المولات في المعادلة الاساسية والمعادلات نلاحظ ان المعادلة رقم 2 يمكن قلبها وتصبح رقم 3

$$(3) \quad CO_{2(g)} \rightarrow C_{(graphite)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \quad \Delta H^0_r = +283KJ/mol$$

ثم نجمعها مع المعادلة رقم 1

$$(1) C_{(graphite)} + O_{2(g)} \rightarrow \cancel{CO_{2(g)}} \quad \Delta H^0_r = -393.5KJ/mol$$

$$(3) \cancel{CO_{2(g)}} \rightarrow C_{(graphite)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \quad \Delta H^0_r = +283KJ/mol$$

$$C_{(graphite)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow CO_{(g)} \quad \Delta H^0_r = -110.5KJ/mol$$

وهذا المعادلة هي نفسها معادلة تفاعل الكاربون C مع الاوكسجينO_2 لتكوين غاز CO المراد ايجاد ΔH^0_r وهذا يعني ان التفاعل يبعث حرارة مقدارها -110.5KJ/mol

---

تمرين (1-10) احسب انثالبي التكوين القياسية للاستيلين C_2H_2 من عناصره الاساسية للتفاعل الاتي :- اذا اعطيت المعادلات الحرارية الاتية :

$$(1)C_{(graphite)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \Delta H^0{}_r = -394KJ/mol$$

$$(2)H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)} \Delta H^0{}_r = -286KJ/mol$$

$$(3)2C_2H_{2(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 4CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \Delta H^0{}_r = -2599KJ/mol$$

يجب كتابة معادلة التكوين : $2C_{(graphite)} + H_{2(g)} \rightarrow C_2H_{2(g)} \Delta H^0{}_F = ?KJ/mole$

نلاحظ ان الكاربون يتكون من مولين يجب ضرب المعادلة رقم 1 في 2 وكذلك ان مول واحد من الاستيلين في المعادلة الاساسية بينما يتكون الاستيلين من مولين في المعادلة رقم 3 وفي المواد المتفاعلة يجب قلب المعادلة بعد تقسيمها على 2 لغرض تساوي المولات وتصبح المعادلات بالشكل التالي ثم جمعها

$$(4)2C_{(graphite)} + 2O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} \Delta H^0{}_r = -788KJ/mol$$

$$(5)H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)} \Delta H^0{}_r = -286KJ/mol$$

$$(6)2CO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \rightarrow C_2H_{2(g)} + \frac{5}{2}O_{2(g)} \Delta H^0{}_r = +1299.5KJ/mol$$

بالجمع المعادلات 4 و 5 و 6 بالشكل التالي:

$$(4)2C_{(graphite)} + 2\cancel{O}_{2(g)} \rightarrow 2\cancel{CO}_{2(g)} \Delta H^0{}_r = -788KJ/mol$$

$$(5)H_{2(g)} + \cancel{\frac{1}{2}O_{2(g)}} \rightarrow \cancel{H_2O_{(l)}} \Delta H^0{}_r = -286KJ/mol$$

$$(6)\cancel{2CO_{2(g)}} + \cancel{H_2O_{(l)}} \rightarrow C_2H_{2(g)} + \cancel{\frac{5}{2}O_{2(g)}} \Delta H^0{}_r = +1299.5KJ/mol$$

$$2C_{(graphite)} + H_{2(g)} \rightarrow C_2H_{2(g)} \Delta H^0{}_f = 225.5KJ/mol$$

طريقة استخدام قيم انثالبي التكوين القياسية في حساب حرارة التفاعل $\Delta H^0{}_r$ من القانون التالي:

$$\Delta H^0{}_r = \sum n\Delta H^0{}_f(products) - \sum n\Delta H^0{}_f(Reactants)$$

حيث ان n تمثل عدد المولات للمواد المتفاعلة(R) والناتجة(P) و $\sum$ تعني المجموع

$\Delta H^0{}_f$ تساوي صفر للعناصر بأثبت صورها

تمرين(1-11) يحترق البنزين C_6H_6 في الهواء ليعطي ثنائي اوكسيد الكاربون الغاز والماء السائل

احسب $\Delta H^0{}_r$ لهذا التفاعل اذا علمت ان : $\Delta H^0{}_f(C_6H_6) = 49KJ/mol$

$\Delta H^0{}_f(H_2O) = -286KJ/mol$ و $\Delta H^0{}_f(CO_2) = -394KJ/mol$

الاجابة:- تكتب معادلة الاحتراق للبنزين بالشكل التالي:

$$C_6H_6 + \frac{15}{2}O_2 \rightarrow 6CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)} \Delta H^0{}_r = ?KJ/mol$$

$$\Delta H^0{}_F = \quad 49KJ/mol \qquad 0 \qquad -394KJ/mol \qquad -286KJ/mol$$

$$\Delta H^0{}_r = \sum n\Delta H^0{}_F(\text{products}) - \sum n\Delta H^0{}_F(\text{Reactants})$$

$$\Delta H^0{}_r = [6(-394) + 3(-286)] - \left[49 + \frac{15}{2}O_2\right]$$

$$\Delta H^0{}_r = (-2364 - 858) - (49 + 0) \Rightarrow \Delta H^0{}_r = -3222 - 49 = -3271(KJ/mol)$$

العملية التلقائية :- تعرف بانها اي عملية فيزيائية او كيميائية يمكن ان تحدث من تلقاء نفسها عند ظروف معينة دون تأثير من اي عامل خارجي ومن الامثلة سقوط الماء من اعلى الشلال وانتقال الحرارة من الجسم الحار الى الجسم البارد وغيرها

س ما هو سبب حدوث العمليات التلقائية ؟

ان جميع العمليات التلقائية يرافقها انخفاض في طاقة النظام الكلية (طاقة اقل تعني اكثر استقراراً) اي ان الطاقة النهائية اقل من الطاقة الابتدائية للنظام وهذا يوضح سبب سقوط الماء من اعلى الشلال وانتقال الحرارة من الجسم الحار الى الجسم البارد ومن العمليات التي تحدث تلقائياً:-

1- ذوبان السكر تلقائياً في كوب القهوة 2- انجماد الماء تحت $0C^0$ 3- صدأ الحديد بتوفر الاوكسجين والرطوبة

4- تفاعل الصوديوم Na بشدة مع الماءH_2O مكوناً NaOH وغاز H_2 5- الاحتراق

6- تفاعل الحامض مع القاعدة

س هل ان افتراض كل تفاعل تلقائي يقودنا للقول ان يكون باعثاً للحرارة ؟

لا يمكن هذا الافتراض وذلك لسبب بسيط جداً هو ان هنالك بعض التغيرات الفيزيائية والكيميائية تكون ماصة للحرارة وتحدث تلقائياً مثل ذوبان كلوريد الامونيوم بالماء يحدث تلقائياً وهو عملية ماصة للحرارة $NH_4Cl_{(s)} \rightarrow NH_4{}^+{}_{(aq)} + Cl^-{}_{(aq)} \Delta H^0{}_r = +14KJ$

الانتروبي :- هي دالة ثرموداينمكية تعتبر مقياس درجة اللاأنتظام للنظام ويرمز لها S ويمكن ان تقاس من خلال التغير الحاصل في الانتروبي $\Delta S = S_f - S_i$ ووحداتها هي $J / K.mol$

س ماهي التغيرات الفيزيائية التي تؤدي الى زيادة بالانتروبي ($\Delta S +$)؟

1- عملية انصهار المادة الصلبة الى سائلة 2- عملية تبخر المادة السائلة وتحولها الى مادة غازية

3- عملية تسامي المادة الصلبة وتحولها الى المادة الغازية 4- ذوبان الصلب بالماء

س ماهي التغيرات الفيزيائية التي تؤدي الى نقصان بالانتروبي ($\Delta S -$)؟

1- عملية التكثيف اي تحول الغاز الى سائل 2- عملية الانجماد اي تحول السائل الى صلب

3- ذوبان الغاز في السائل 4- تبلور المادة الصلبة في محلولها

س ماهي التغيرات الكيميائية التي تؤدي الى زيادة بالانتروبي ($\Delta S +$)؟

1- تكون مولات النواتج اكبر من مولات المتفاعلات مثل $2NH_{3(g)} \rightleftharpoons N_{2(g)} + 3H_{2(g)}$

2- تفكك او تحلل المادة او المواد $2HgO_{(s)} \rightarrow 2Hg_{(l)} + O_{2(g)}$

س ماهي التغيرات الكيميائية التي تؤدي الى نقصان بالانتروبي ($\Delta S -$)؟

1- عدد مولات المتفاعلات >من عدد مولات النواتج الانتقال من اللاانتظام الى انتظام 2- تكون المواد

$$\Delta S_{(g)} > \Delta S_{(l)} > \Delta S_{(s)}$$

س علل عند التسخين تزداد الانتروبي ؟

بسبب زيادة الحركة الدورانية والاهتزازية وجميع انواع الطاقات للجزيئة مما يؤدي الى زيادة عشوائية النظام

س تقود العمليات التي تجري في المحلول دائماً الى زيادة في الانتروبي ؟

لان عند ذوبان المذاب(السكر) في الماء يتكسر النظام الهيكلي المنتظم للمذاب وكذلك جزء من الانتظام الهيكلي للماء (المذيب) وعليه يكون المحلول لا انتظام اكثر مما للمذيب النقي معاً
اي عملية تكون المحلول (المذاب + المذيب) وعملية تفكك المركب الصلب الى ايونات

تمرين (1-12) كيف تتغير انتروبي النظام للعمليات الاتية : 1- تكثيف بخار الماء 2- تكون بلورات السكر من محلوله فوق المشبع 3- تسخين غاز H_2 من $20C^0$ الى $80C^0$ 4- تسامي اليود الصلب

الاجابة:- 1- نقصان في الانتروبي $H_2O_{(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}$

2- نقصان بالانتروبي $C_6H_{12}O_{6(aq)} \rightarrow C_6H_{12}O_{6(S)}$

3- زيادة بالانتروبي $H_{2(g)} \xrightarrow{20-80C^0}$

4- زيادة بالانتروبي $I_{2(S)} \xrightarrow{\text{تسامي}} I_{2(g)}$

ويمكن حساب الانتروبي القياسية للتفاعلات الكيميائية ΔS^0_r من معرفة الانتروبي للمواد S^0 من القانون التالي : $\Delta S^0_r = \sum nS^0(products) - \sum nS^0(Reactants)$

تمرين (1-13) احسب التغير في الانتروبي المطلقة ΔS^0_r للتفاعل التالي عند الظروف القياسية $25C^0$ وضغط 1atm $4Fe_{(S)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Fe_2O_{3(S)}$ اذا علمت ان

$$S^0(Fe_2O_3) = 87(J/K.mol), S^0(O_2) = 205(J/K.mol), S^0(Fe) = 27(J/K.mol)$$

الاجابة:-

$$4Fe_{(S)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Fe_2O_{3(S)}$$

$$S^0 = 27J/K.mol \quad 205J/K.mol \quad 87J/K.mol$$

$$\Delta S^0_r = \sum nS^0(products) - \sum nS^0(Reactants)$$

$$\Delta S^0_r = [2\times 87] - [4(27) + 3(205)] \Rightarrow \Delta S^0_r = 174 - (108 + 615)$$

$$\Delta S^0_r = 174 - 723 = -549(J/K.mol)$$

طاقة كبس الحرة :- وهي دالة ثرموداينمكية تتيح لنا التنبؤ بتلقائية العمليات الفيزيائية او الكيميائية والتي تصف الطاقة العظمى التي يمكن الحصول عليها من قياس ΔH , ΔS بثبوت درجة الحرارة والضغط ويرمز لها بالرمز ΔG ووحداتها ($\frac{KJ}{mol}$) كيلو جول على مول

س ما العلاقة التي تربط بين الانثالبي والانتروبي ومن خلالها يمكن التنبؤ بتلقائية التفاعل ؟

الاجابة:- ($\Delta G = \Delta H - T\Delta S$)

س ماذا تدل اشارة ΔG طاقة كبس الحرة ؟

1- اذا كانت قيمة ΔG سالبة اي $\Delta G < 0$ هذا ان التفاعل او التغير الفيزيائي يجري تلقائياً

2- اذا كانت قيمة ΔG موجبة اي $\Delta G > 0$ هذا ان التفاعل او التغير الفيزيائي غير تلقائي

3- اذا كانت قيمة ΔG تساوي صفراي $\Delta G = 0$ هذا ان التفاعل او التغير الفيزيائي في حالة اتزان

طاقة كبس الحرة القياسية للتفاعل :- بانها التغير في قيمة الطاقة الحرة للتفاعل عندما يجري في الظروف القياسية للتفاعل ($25C^0$ وضغط 1 atm) ويرمز لها ΔG^0_r

ويمكن حسابها من خلال قيم طاقة كبس الحرة للتكوين القياسية والتي يرمز لها ΔG^0_f من القانون التالي : $\Delta G^0_r = \sum n\Delta G^0_f(products) - \sum n\Delta G^0_f(Reactants)$

ΔG^0_f تعرف بانها مقدار التغيير في الطاقة الحرة عند تكوين مول واحد من اي مركب من عناصره الاساسية وبأثبت صورها عند الظروف القياسية ($25C^0$ وضغط 1 atm) وتكون قيمها لجميع العناصر تساوي صفر حالها حال انثالبي التفاعل القياسية

تمرين (1-14) جد قيمة ΔG^0_r للتفاعل التالي عند الظروف القياسية وبين هل التفاعل يحدث تلقائياً ام لا يحدث ؟ $2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)}$ اذا علمت ان :

$$\Delta G^0_f(NO) = 87KJ/mol, \Delta G^0_f(NO_2) = 52KJ/mol$$

الاجابة :- $2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)}$

$$\Delta G^0_f = 87KJ/mol \qquad 0 \qquad 52L/mol$$

$$\Delta G^0_r = \sum n\Delta G^0_f(products) - \sum n\Delta G^0_f(Reactants)$$

$$\Delta G^0_r = [2\times52] - [2\times87] \Rightarrow \Delta G^0_r = 104 - 174$$

$$\Delta G^0_r = -70(JK/mol)$$

$\therefore$ التفاعل تلقائي

س طاقة كبس ذات علاقة وثيقة بالتغيرات التي تحدث في خواص النظام ؟
لأنها تعطينا التغيرات التي تحصل بالانثالبي والانتروبي ومنها يمكن التنبؤ بتلقائية او عدم تلقائية التفاعل وحسب علاقة كبس الحرة $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

س انكر عاملين مهمين يؤثران على تلقائية التفاعل الكيميائي ؟
1- اذا كانت قيمة ΔH سالبة يكون اتجاه التفاعل على الاغلب الى الحالة التي تكون فيها الطاقة (الانثالبي) اقل ما يمكن وتكون التلقائية اكثر احتمالاً اي التفاعل باعث للحرارة
2- اذا كانت $(\Delta S = +)$ الانتروبي اعلى ما يمكن تكون التلقائية اكثر احتمالاً اي يكون التفاعل تلقائي

س ما الاحتمالات التي يكون فيها التفاعل تلقائي ؟
1- قيمة ($\Delta H=-$, $\Delta S=+$) 2- قيمة ($\Delta H=-$, $\Delta S=-$) بشرط ان يكون ($T\Delta S<\Delta H$)
3- قيمة ($\Delta H=+$, $\Delta S=+$) بشرط ان يكون ($T\Delta S>\Delta H$)

س ما الاحتمالات التي يكون فيها التفاعل غير تلقائي ؟
1- قيمة ($\Delta H=+$, $\Delta S=-$) 2- قيمة ($\Delta H=+$, $\Delta S=+$) بشرط ان يكون ($T\Delta S<\Delta H$)
3- قيمة ($\Delta H=-$, $\Delta S=-$) بشرط ان يكون ($T\Delta S>\Delta H$)

س متى لا تكون لدرجة الحرارة تأثير في تلقائية التفاعل او عدم تلقائية ؟
1- عندما تكون الانثالبي اقل ما يمكن $\Delta H=-$ والانتروبي اعلى ما يمكن $\Delta S=+$ (تلقائي)
2- عندما تكون الانثالبي اكبر ما يمكن $\Delta H=+$ والانتروبي اقل ما يمكن $\Delta S=-$ (غير تلقائي)

ملاحظة :- عندما تكون $\Delta G = +$ التفاعل غير تلقائي وعندما تكون $\Delta G = -$ $\therefore$ التفاعل تلقائي
ويمكن معرفة درجة الحرارة من علاقة كبس $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ عندما تكون قيمة $\Delta G = 0$ تصبح العلاقة $\Delta H = T\Delta S$ وممكن ان نستخرج درجة الحرارة من $T = \frac{\Delta H^0_r}{\Delta S^0_r}$ ويمكن تلخيص ذلك بالجدول التالي

ΔH	ΔS	ΔG	العملية
-	+	-	تلقائية
+	-	+	لا تلقائية

واذا كانت الاشارات متشابه كما مبين ادناه:

ΔH	ΔS	ΔG	العملية
-	-	- +	بشرط $T\Delta S<\Delta H$ بشرط $T\Delta S>\Delta H$
+	+	- +	بشرط $T\Delta S>\Delta H$ بشرط $T\Delta S<\Delta H$

ويمكن استخدام علاقة كبس في حساب الطاقة الحرة القياسية بعد معرفة الانثالبي والانتروبي في الظروف القياسية من العلاقة الاتية : $\Delta G^0_r = \Delta H^0_r - T\Delta S^0_r$

تمرين (1-15) احسب ΔG^0_r للتفاعل التالي عند الظروف القياسية $\Delta S^0_r = 374(J/K.mol)$ وكذلك $C_5H_{12(l)} + 8O_{2(g)} \rightarrow 5CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$ $\Delta H^0_r = -3536J/mol$

الاجابة :- يجب تحويل وحدات الانتروبي من $J/K.mol$ الى $KJ/K.mol$ تقسم على 1000

$$\Delta S^0_r(KJ/K.mol) = 374(\not{J}/K.mol) \times \frac{1KJ}{1000\not{J}} = 0.374(KJ/K.mol)$$

$$\Delta G^0_r = \Delta H^0_r - T\Delta S^0_r \Rightarrow \Delta G^0_r = -3536 - (298 \times 0.374)$$

$$\Delta G^0_r = -3536 - 111.452 \Rightarrow \boxed{\Delta G^0_r = -3647.5(KJ/mol)}$$

تمرين (1-16) اذا كان لدينا التفاعل الاتي :- $HCOOH_{(l)} \rightarrow CO_{(g)} + H_2O_{(l)}$ فاذا كانت قيمة $\Delta H^0_r = 16KJ/mol$ والتغير بالانتروبي $\Delta S^0_r = 234(J/K.mol)$ احسب التغير في الطاقة الحرة القياسية وهل التفاعل تلقائي ام لا؟

الاجابة :- يجب تحويل وحدات الانتروبي من $J/K.mol$ الى $KJ/K.mol$ تقسم على 1000

$$\Delta S^0_r(KJ/K.mol) = 234(\not{J}/K.mol) \times \frac{1KJ}{1000\not{J}} = 0.234(KJ/K.mol)$$

$$\Delta G^0_r = \Delta H^0_r - T\Delta S^0_r \Rightarrow \Delta G^0_r = 16 - (298 \times 0.234)$$

$$\Delta G^0_r = 16 - 69.732 \Rightarrow \boxed{\Delta G^0_r = -53.732(KJ/mol)}$$

تلقائي

تمرين (1-17) التفاعل الغازي $N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)}$ احسب

آ- ΔG^0_r مبيناً هل يحدث التفاعل ام لا ولماذا ب- ΔH^0_r مبيناً هل التفاعل ماص للحرارة ام باعث للحرارة ولماذا

ج- ΔS^0_r مبيناً هل التفاعل يتحول الى حالة اكثر انتظاماً ام اقل انتظاماً ولماذا علماً بان ΔG^0_f و ΔH^0_f هي على التوالي مقاسة بوحدات $(52,43)$ $KJ/mole$

الاجابة :- (آ) $\Delta G^0_r=\sum n\Delta G^0_F(P)-\sum n\Delta G^0_F(R)\Rightarrow$
$\Delta G^0_r=[2\times52]-[0+2(0)]\Rightarrow\Delta G^0_r=+104KJ/mole$ والتفاعل لا يحدث

(ب) $\Delta H^0_r=\sum n\Delta H^0_F(P)-\sum n\Delta H^0_F(R)$
$\Delta H^0_r=[2\times43]-[0+2(0)]=+86KJ/mole$ يكون التفاعل ماص للحرارة لان قيمته موجبة الشحنة

(ج) يتحول الى حالة اكثر انتظاماً لان مولات النواتج اقل من مولان المتفاعلات اي المتفاعلات اكثر عشوائية $(\Delta S=-)$

$$\Delta G^0_r=\Delta H^0_r-T\Delta S^0_r\Rightarrow104KJ=86KJ-298K\Delta S^0_r$$

$$(104-86)KJ/mol=-298K\Delta S^0_r\Rightarrow18KJ/mol$$

$$\Delta S^0_r=\frac{18KJ/mol}{-298K}=-0.06KJ/K.mol$$

ملاحظة يجب تعديل صحة القيم من الوزارة

حساب انتروبي التغيرات الفيزيائية:- من انثالبي التبخر ΔH_{Vap} وانثالبي الانصهار ΔH_{fus} وهنالك درجة الانصهار T_m ودرجة الغليان T_b لغرض تحول المادة من الحالة الصلة الى الحالة السائلة بدرجة الانصهار وكذلك تحول المادة السائلة الى المادة الغازية بدرجة الغليان وهما درجتان يحدث عندهما اتزان بين ضغط البخار الماء الصلب او السائل مع الضغط الجوي ويمكن معرفة درجة الحرارة من علاقة كبس $\Delta G=\Delta H-T\Delta S$ عندما تكون قيمة $\Delta G=0$ تصبح العلاقة $0=\Delta H_{tr}-T\Delta S_{tr}$ وممكن ان نستخرج ومنها نحصل الانتروبي $\Delta S_{tr}=\frac{\Delta H_{tr}}{T_{tr}}$

حيث ان tr تعني الانتقال

ويمكن حساب التغير بالانتروبي الانصهار من $\Delta S_{fus}=\frac{\Delta H_{fus}}{T_m}$ وحساب انتروبي التبخر من العلاقة الاتية $\Delta S_{Vap}=\frac{\Delta H_{Vap}}{T_b}$ والتغير بالانتروبي التسامي من العلاقة الاتية : $\Delta H_{Sub}=\Delta H_{fus}+\Delta H_{Vap}$

علاقة تروتن هي العلاقة التي تكون فيها قيمة التغير بالانتروبي التبخر لا غلب السوائل تساوي قيمة ثابتة هي $85(J/K.mol)$ وتصبح علاقة الانتروبي التبخر $\frac{\Delta H_{Vap}}{T_b}=85(J/K.mol)$ للسوائل فقط

تمرين(1-18) احسب التغير في الانتروبي للتحول الاتي :-

$H_2O_{(l)}\rightleftharpoons H_2O_{(g)}\ \Delta H_{Vap}=44KJ/mol$ **عند درجة غليان الماء**

الاجابة:- $T(K)=tC^0+273\Rightarrow T(K)=100+273=373K$

يجب تحويل كيلو جول الى جول تضرب في 1000

$$\Delta H_{Vap}(J/mol) = 44(\cancel{KJ}/mol) \times \frac{1000J}{\cancel{KJ}} = 44000(J/mol)$$

$$\Delta S_{Vap} = \frac{\Delta H_{Vap}}{T_b} \Rightarrow \Delta S_{Vap} = \frac{44000}{373} = 117.96(J/K.mol) \Rightarrow \Delta S_{Vap} = 118(J/K.mol)$$

س خارجي من انثالبيات التحولات الاتية :

$$H_2O_{(S)} \to H_2O_{(l)} \quad \Delta H_{fus} = +6KJ/mol$$

$$H_2O_{(g)} \to H_2O_{(l)} \quad \Delta H_{Vap} = -44KJ/mol$$

احسب تحول الماء من صلب الى غاز (حرارة التسامي)

الاجابة :- نقلب المعادلة الثانية ونجمعها مع المعادلة الاولى كما مبين

$$H_2O_{(S)} \to \cancel{H_2O_{(l)}} \quad \Delta H_{fus} = +6KJ/mol$$

$$\cancel{H_2O_{(l)}} \to H_2O_{(g)} \quad \Delta H_{Vap} = +44KJ/mol$$

$$H_2O_{(S)} \to H_2O_{(g)} \quad \Delta H_{Sub} = 50KJ/mol$$

$$\Delta H_{Sub} = \Delta H_{fus} + \Delta H_{Vap} \Rightarrow \Delta H_{Sub} = 6 + 44 = 50KJ/mol$$

(حل أسئلة الفصل الاول)

س(1-1) اختر الجواب الصحيح مع بيان السبب بوضوح

1- يتفاعل فلز الصوديوم مع الماء تلقائياً ويتكون محلول هيدروكسيد الصوديوم مع انبعاث حرارة فان

آ- $\Delta G <$ صفر ب- $\Delta S <$ صفر ج- $\Delta H >$صفر

الجواب $\Delta S >$صفر لان التفاعل يحصل تلقائياً تكون قيم $(\Delta H = -)$ و $\Delta S = +$ وعند تطبيق علاقة كبس

نجد ان التفاعل تلقائي دائماً $\Delta G = \Delta H - T\Delta S \Rightarrow \Delta G = (-) - T(+) \Rightarrow$
$\Delta G = (-\Delta H) - (T\Delta S) \Rightarrow \Delta G = -$

2- يتسامى الجليد تلقائياً عندما تكون :

أ- $\Delta H > T\Delta S$ ب- $\Delta H > T\Delta S$ ج- $\Delta H = T\Delta S$

الجواب $\Delta H < T\Delta S$ لان قيم كل من $(\Delta S = +)$ و $(\Delta H = +)$ تكون $(\Delta G = -)$ فقط عندما يكون الحد $T\Delta S$ اكبر بالمقدار من ΔH ويتحقق هذا الشرط عندما تكون درجة الحرارة كبيرة

3- عند زيادة الضغط على غاز في اناء مغلق بدرجة حرارة ثابتة فان قيمة ΔS^0 تصبح

آ- موجبة ب- سالبة ج- صفر

الجواب ب- ΔS^0 تصبح سالبة لأنها تنخفض بزيادة الضغط داخل الاناء تكون اكثر انتظام

4- تفاعل ما غير تلقائي حيث ان قيمة $\Delta H > T\Delta S$ لجعله تلقائي تقترح :

آ- تبريد التفاعل ب- تسخين التفاعل ج- لا يمكن جعله تلقائي

الجواب ب- تسخين التفاعل يصبح $T\Delta S$ اكبر بالمقدار من ΔH ويتحقق هذا الشرط عندما تكون درجة الحرارة كبيرة

5- اذا كان تفاعل ما باعثاً للحرارة وتصاحبه زيادة في الانتروبي فأنه يكون :

آ- تلقائي ب- غير تلقائي ج- متزن الجواب آ- تلقائي لان قيمة $\Delta G = -$ لان $\Delta H = -$ و $\Delta S = +$ دائماً يكون تلقائي عند تطبيق علاقة كبس الحرة

6- للتفاعل الغازي الاتي $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$ قيمة ΔS^0 للتفاعل
آ- صفر ب- موجبة ج- سالبة الجواب سالبة لان المولات المتفاعلة اكبر من مولات النواتج وبالتالي تكون اقل عشوائية

س(1-2) عرف المصطلحات الاتية : النظام ، المحيط ، المجموعة ، النظام المفتوح ، دالة الحالة ، النظام المعزول ، الجول ، النظام المغلق ، القانون الاول الثرموداينمكي

النظام :- النظام الثرموداينمكي هو ذلك الجزء من الكون الذي نهتم بدراسته يتكون من المادة او المواد المشتركة في حدوث تفاعل كيميائي او تغير فيزيائي

المحيط :- كل ما يحيط بالنظام ويؤثر عليه من التغيرات او كيميائية .

المجموعة:- يطلق على النظام والمحيط بالمجموعة (المجموعة= النظام + المحيط)

النظام المفتوح :- يسمى النظام مفتوحاً اذا كانت الحدود بين النظام والمحيط تسمح بتبادل مادة النظام وطاقة مفتوح يحتوي على ماء مغلي .

دالة الحالة:- هي تلك الخاصية او الكمية التي تعتمد على الحالة الابتدائية للنظام قبل التغير والحالة النهائية بعد التغير بغض النظر عن الطريق او المسار الذي تم من خلاله التغير .

النظام المعزول :- يعرف بان حدوده لا تسمح بتبادل لا الطاقة ولا المادة مثال ذلك الثرموس.

وحدة الجول :- هي وحدة الطاقة حسب النظام الدولي للوحدات ويرمز له بالرمز (J)

النظام المغلق: اذا كانت حدود النظام تسمح بتبادل الطاقة فقط ولا تسمح بتغير مادة النظام مثل اناء معدني مغلق محتوى على ماء مغلي .

القانون الاول الثرموداينمكي:- الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم ولكن يمكن تحويلها من شكل الى آخر .

الانتروبي :- هي دالة ثرموداينمكية تعتبر مقياس درجة اللاأنتظام للنظام ويرمز لها S ويمكن ان تقاس من خلال التغير الحاصل في الانتروبي $\Delta S = S_f - S_i$ ووحداتها هي $J / K.mol$

س(1-3) احسب كمية الحرارة المنبعثة بوحدات (KJ) من $350g$ زائبق عند تبريدها من $77C^0$ الى $12C^0$ اذا علمت ان الحرارة النوعية للزئبق $(J / g.C^0)$ $0.14C^0$ ج / $-3.2(KJ)$

الاجابة:- $q(J) = \varsigma(J / g.C^0) \times m(g) \times (T_F - T_i)C^0$

$$q(J) = 0.14(J / g.C^0) \times 350(g) \times (12 - 77)C^0$$

$$q(J) = 49(J) \times (-65) \Rightarrow q(J) = -3185(J)$$

بالقسمة على 1000 لتحويل كمية الحرارة من جول الى كيلو جول

$$q = \frac{-3185(J)}{1000(J/KJ)} = -3.185(KJ) \approx -3.2(KJ)$$

س(1-4) سخنت عينة من مادة مجهولة كتلتها 155g من درجة حرارة $25C^0$ الى $40C^0$، ما ادى الى امتصاص حرارة مقدارها $5700(J)$ ، احسب الحرارة النوعية لهذه المادة. ج / $2.45(J / g.C^0)$

الاجابة:-

$$q(J) = \varsigma(J / g.C^0) \times m(g) \times (T_F - T_i)C^0$$

$$5700(J) = \varsigma(J / g.C^0) \times 155(g) \times (40 - 25)C^0$$

$$5700(J)=\varsigma(J/g.C^0)\times 155(g)\times 15C^0$$
$$5700(J)=\varsigma(J/g.C^0)\times 2325(g.C^0)$$
$$\varsigma(J/g.C^0)=\frac{5700(J)}{2325(g.C^0)}=2.45(J/g.C^0)$$

س(1-5) 4.5g من حبيبات ذهب امتصت 276J من الحرارة عند تسخينها فاذا علمت ان الحرارة الابتدائية كانت $25C^0$ احسب درجة الحرارة النهائية التي سخنت اليها اذا علمت ان الحرارة النوعية للذهب $0.13(J/g.C^0)$

الاجابة : -

$$q(J)=\varsigma(J/g.C^0)\times m(g)\times(T_F-T_i)C^0$$
$$276(J)=0.13(J/g.C^0)\times 4.5(g)\times(T_F-25)C^0$$
$$276(J)=0.585(J)\times(T_F-25)\Rightarrow(T_F-25)=\frac{276(J)}{0.585(J)}$$
$$(T_F-25)=471.76\Rightarrow T_F=471.76+25\Rightarrow \boxed{T_F=496.76C^0}$$

س(1-6) جد قيمة ΔG_r^0 للتفاعل $2CO_{(g)}+O_{2(g)}\rightarrow 2CO_{2(g)}$ الذي يجري بالظروف القياسية اذا اعطيت المعلومات الاتية:

$$\Delta H^0{}_F(CO)=-110.5KJ/mol,\Delta H^0{}_F(CO_2)=-393.5KJ/mol$$
$$S^0(O_2)=205J/K.mol,S^0(CO)=198J/K.mol,S^0(CO_2)=214J/K.mol$$

$$\Delta G^0{}_r=\Delta H^0{}_r-T\Delta S^0{}_r$$
$$\Delta H^0{}_r=\sum n\Delta H^0{}_F(p)-\sum n\Delta H^0{}_F(R)$$
$$\Delta H^0{}_r=[2\times(-393.5)]-[2\times(-110.5)+1(0)]$$
$$\Delta H^0{}_r=-787-(-221)\Rightarrow \Delta H^0{}_r=-787+221$$
$$\Delta H^0{}_r=-566(KJ)$$

نجد الانتروبي

$$\Delta S^0{}_r=\sum nS^0(P)-\sum nS^0(R)$$
$$\Delta S^0{}_r=[2\times 214]-[205+2(198)]\Rightarrow \Delta S^0{}_r=428-(205+396)$$
$$\Delta S^0{}_r=428-601\Rightarrow \Delta S^0{}_r=-173(J/K.mole)$$

نحول من جول الى كيلو جول

$$\Delta S^0{}_r=-173(J/K.mol)\times\frac{1KJ}{1000(J)}=-0.173(KJ/K.mol)$$
$$\Delta G^0{}_r=\Delta H^0{}_r-T\Delta S^0{}_r\Rightarrow \Delta G^0{}_r=-566-(298K(-0.173KJ/K.mol))$$
$$\Delta G^0{}_r=-566+51.554\Rightarrow \Delta G^0{}_r=-514.4(KJ)$$

س(1-7) للتحول $H_2O_{(S)} \rightarrow H_2O_{(l)}$ وجد ان $\Delta H = 6KJ$ و $22J/K.mole$ بين ذلك رياضياً مع ذكر السبب في اي درجة حرارية من الدرجات الاتية يكون تحول الجليد الى السائل تلقائياً ($250K$ ام $300K$)

الاجابة:-

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \Rightarrow \Delta G = 6 - \left(250 \times \frac{22}{1000}\right) KJ/K.mol$$

$$\Delta G = 6 - (250 K \times 0.022) KJ/K.mol \Rightarrow \Delta G = 6 - 5.5 = +0.5KJ/mol$$

.: التفاعل غير تلقائي

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \Rightarrow \Delta G = 6 - \left(300 K \times \frac{22}{1000}\right) KJ/K.mol$$

$$\Delta G = 6 - (300 \times 0.022) KJ/mol \Rightarrow \Delta G = 6 - 6.6 = -0.6KJ/mol$$

.: التفاعل تلقائي

.: الدرجة هي 300K لان قيمة الطاقة الحرارية بالسالب

س (1-8) في مسعر حراري وضع 2.6g من الاستيلين M=26(g/mol) فوجد ان كمية الحرارة المنبعثة من الاحتراق تساوي 130KJ . أحسب انثالبية التكوين القياسية للاستيلين اذا علمت ان

$$\Delta H^0_{F(CO_2)} = -393.5KJ/mol, \Delta H^0_{F(H_2O)} = -286KJ/mol$$

الاجابة:- تكتب معادلة احتراق مول واحد من الاستيلين

$$C_2H_{2(g)} + \frac{5}{2}O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

$$\Delta H^0_F = X \qquad 0 \qquad -393.5 \qquad -286$$

نجد عدد المولات من

$$n(mol) = \frac{m(g)}{M(g/mol)} \Rightarrow n(mol) = \frac{2.6(g)}{26(g/mol)} = 0.1(mole)$$

بما اننا نحسب كمية الحرارة المتحررة يجب ان تكون سالبة ونقسمها على عدد المولات من

$$\Delta H = q_P = \frac{-q_P(KJ)}{n(mole)} \Rightarrow q_P = \frac{-130(KJ)}{0.1(mole)} = -1300KJ/mole$$

بما ان الانثالبي عند ضغط ثابت تساوي كمية الحرارة

$$\Rightarrow \Delta H^0_r = \sum n\Delta H^0_F(P) - \sum n\Delta H^0_F(R)$$

$$-1300 = [2(-393.5) + (-286)] - \Delta H^0_F(C_2H_{2(g)}) \Rightarrow$$

$$-1300 = -787 - 286 - \Delta H^0_F(C_2H_{2(g)})$$

$$-1300 = -1073 - \Delta H^0_F(C_2H_{2(g)}) \Rightarrow \Delta H^0_F(C_2H_{2(g)}) = -1073 + 1300$$

$$\Delta H^0_F(C_2H_{2(g)}) = 227(KJ/mole)$$

س(1-9) احسب التغير في انثالبي التكوين القياسية $\Delta H^0_{F(Al_2O_3)}$ والتغير في انثالبي الاحتراق القياسية

$\Delta H^0{}_{C(Al)}$ في التفاعل الآتي : $4Al_{(S)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Al_2O_3 \quad \Delta H^0{}_r = -3340KJ$

الاجابة :- من المعادلة نجد ان عدد المولات تساوي 2mole يجب ان تقسم على عدد المولات لتكوين مول واحد من المادة المتكونة Al_2O_3 فان انثالبي التكوين القياسية تساوي

$$\Delta H^0{}_F\left(Al_2O_3\right) = \frac{\Delta H^0{}_r}{n(mole)} \Rightarrow \Delta H^0{}_F\left(Al_2O_3\right) = \frac{-3340}{2(mole)} = -1670(KJ/mole)$$

ثم نقسم المعادلة على 4 لجعل مول واحد من اوكسيد الالمنيوم يحترق وتصبح المعادلة بالشكل التالي :

$$Al + \frac{3}{4}O_{2(g)} \rightarrow \frac{1}{2}Al_2O_{3(S)} \Rightarrow \Delta H^0{}_r = \frac{-3340}{4} = -835(KJ/mole)$$

$$\Delta H^0{}_C(Al) = \frac{\Delta H^0{}_r}{n(mole)} \Rightarrow \Delta H^0{}_C(Al) = \frac{-835(KJ/mole)}{1mole}$$

$$\Delta H^0{}_C(Al) = -835(KJ/mole)$$

س(1-10) اكتب نص قانون هيس وفسر فائدته في الكيمياء الحرارية من المعادلات الحرارية التالية عند درجة حرارة $25C^0$ وضغط 1atm

$$(1)H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)} \qquad \Delta H^0{}_r = -185KJ$$

$$(2)H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)} \qquad \Delta H^0{}_r = -484KJ$$

احسب $\Delta H^0{}_r$ للتفاعل الاتي : $4HCl_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2Cl_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} \quad \Delta H^0{}_r = ?KJ$

الاجابة:- لجعل مجموع المعادلات يعطي المعادلة الاساسية يجب قلب المعادلة الاولى وضربها في 2 لتصبح معادلة رقم 3 والمعادلة الثانية تبقى ثابتة بالشكل التالي :

$$(3)4HCl_{(g)} \rightarrow 2H_{2(g)} + 2Cl_{2(g)} \Delta H^0{}_r = +185 \times 2 = 370(KJ)$$

وبعدها نجمع المعادلات 2 ، 3 كما مبين ادناه

$$(2)\ H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)} \Delta H^0{}_r = -484(KJ)$$

بالجمع $(3)4HCl_{(g)} \rightarrow 2H_{2(g)} + 2Cl_{2(g)} \Delta H^0{}_r = 370(KJ)$ وزاري

$$4HCl_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)} + 2Cl_{2(g)} \Delta H^0{}_r = -114(KJ)$$

س(1-11) تتفكك كاربونات الكالسيوم حسب المعادلة الاتية $CaCO_{3(s)} \rightarrow CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$ قيمة $\Delta S^0{}_r$ للتفاعل فاذا علمت ان $\Delta H^0{}_F$ لكل من $CaCO_3, CaO, CO_2$ هي على التوالي بوحدات $(-1207, -635, -393.5)KJ/mol$ جد : 1) $\Delta H^0{}_r$ للتفاعل ثم ارسم مخطط للطاقة

2) $\Delta G^0{}_r$ للتفاعل 3) درجة الحرارة التي سيصبح عندها التفاعل تلقائي

الاجابة:- تكتب معادلة تحلل كاربونات الكالسيوم

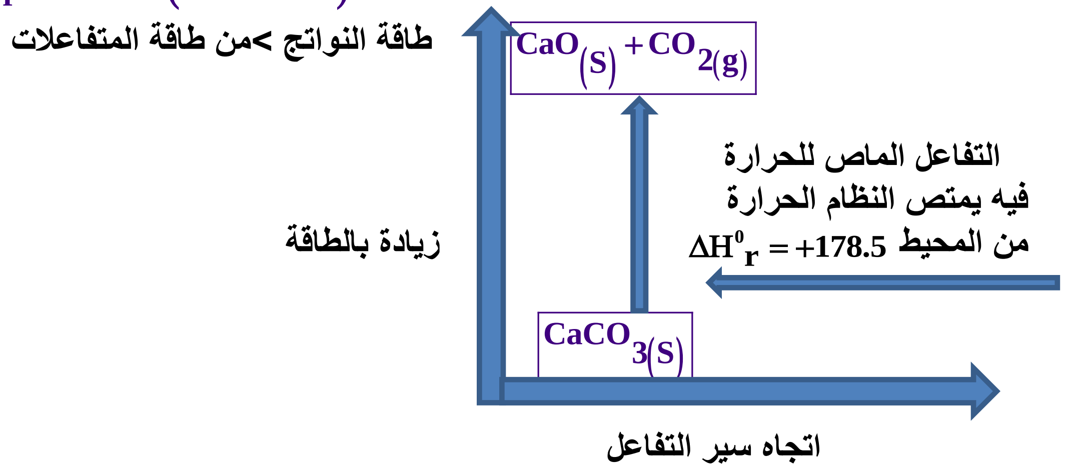
$$CaCO_{3(S)} \xrightarrow{\Delta} CaO_{(S)} + CO_{2(g)} \quad \Delta H^0_r = ?(KJ/mole)$$

$$\Delta H^0_F = -1207 \quad -635 \quad -393.5$$

$$\Delta H^0_r = \sum n\Delta H^0_F(p) - \sum n\Delta H^0_F(R)$$

$$\Delta H^0_r = [-635 - 393.5] - [-1207] \Rightarrow \Delta H^0_r = -1028.5 + 1207.0$$

$$\Delta H^0_r = +178.5(KJ/mole)$$



نحول الانتروبي من الجول الى الكيلو جول

$$\Delta S^0_r = 160(J/K.mole) \times \frac{1KJ}{1000(J)} = 0.160(KJ/K.mole)$$

$$\Delta G^0_r = \Delta H^0_r - T\Delta S^0_r \Rightarrow \Delta G^0_r = 178.5 - (298K \times 0.160(KJ/K.mole))$$

$$\Delta G^0_r = (178.5 - 47.68)KJ/mole \Rightarrow \Delta G^0_r = 130.82KJ/mole$$

نفرض ان $(\Delta G^0_r = 0) \Rightarrow 0 = \Delta H^0_r - T\Delta S^0_r \Rightarrow$

$$T\Delta S^0_r = \Delta H^0_r \Rightarrow T = \frac{\Delta H^0_r}{\Delta S^0_r} \Rightarrow T = \frac{178.5}{0.16} = 1115.6(K)$$

س(1-12) ماهي وحدات الانثالبي والانتروبي وطاقة كبس الحرة بالوحدات الدولية (SI) .

الاجابة:- وحدات الانثالبي هي (KJ/mol) وحدات الانتروبي $(J/K.mol)$

وحدات طاقة كبس الحرة (KJ/mol)

س(1-13) ما المقصود بالتعابير الاتية : الكيمياء الحرارية ، عملية باعثة للحرارة ، عملية ماصة للحرارة.

الاجابة:- الكيمياء الحرارية :- هي فرع من فروع علم الثرموداينمك يهتم بدراسة التغيرات الحرارية التي ترافق التفاعلات الكيميائية الممتصة والمنبعثة نتيجة التغيرات الفيزيائية والكيميائية

عملية باعثة للحرارة :- هي العملية التي يحرر النظام الحرارة الى المحيط وتكون قيمة الانثالبي التفاعل قيمة سالبة - =ΔH

عملية ماصة للحرارة :- هي العملية التي تمتص الحرارة من المحيط الى النظام وتكون قيمة الانثالبي موجبة + =ΔH

س(14-1) التفاعلات الاتية عند $25C^0$

$$CCl_{4(l)} + H_{2(g)} \rightarrow HCl_{(g)} + CHCl_{3(l)} \quad \Delta H^0_r = -91.34KJ \text{ و } \Delta G^0_r = -103.72KJ$$

$$3Fe_2O_3 \rightarrow 2Fe_3O_4 + \frac{1}{2}O_2 \quad \Delta H^0_r = 235.8KJ \text{ و } \Delta G^0_r = 195.7KJ$$

على فرض ان ΔH^0_r و ΔS^0_r لكلا التفاعلين لا تتغير عند تغير درجة الحرارة جد

آ- ΔG^0_r للتفاعل الاول عند $65C^0$ ب- ΔG^0_r للتفاعل الثاني عند $1000K$

الاجابة :- نجد الانتروبي لكلا التفاعلين

$$(1)\ldots T(K) = c^0t + 273 \Rightarrow T(K) = 25c^0 + 273 = 298K$$

$$\Delta G^0_r = \Delta H^0_r - T\Delta S^0_r \Rightarrow -103.72KJ = -91.34 - 298K \times \Delta S^0_r$$

$$-103.72 + 91.34 = -298K \times \Delta S^0_r \Rightarrow -12.38 = -298K \times \Delta S^0_r$$

$$\Delta S^0_r = \frac{-12.38}{-298} = 0.041KJ \Rightarrow T(K) = 65c^0 + 273 = 338K$$

$$\Delta G^0_r = -91.34KJ - (338\cancel{K} \times 0.041KJ / \cancel{K}) \Rightarrow \Delta G^0_r = -91.34 - 13.858$$

$$\Delta G^0_r = -105KJ$$

$$(2)\ldots T\Delta S^0_r = \Delta H^0_r - \Delta G^0_r \Rightarrow 298\Delta S^0_r = 235.8 - 195.7$$

$$\Delta S^0_r = \frac{40.1KJ}{298K} = 0.134KJ / K.mole$$

$$\Delta G^0_r = \Delta H^0_r - T\Delta S^0_r \Rightarrow \Delta G^0_r = 235.8KJ - (1000\cancel{K} \times 0.134KJ / \cancel{K}.mole)$$

$$\Delta G^0_r = 235.8KJ / mole - 134KJ / mole \Rightarrow \Delta G^0_r = 101.8 \approx 102KJ / mole$$

س(15-1) للتفاعل $3O_{2(g)} \rightarrow 2O_{3(g)}$ عند درجة $25C^0$ وضغط 1atm قيمة $S^0(O_2) = 205J / K.mol$ و $S^0(O_3) = 239J / K.mol$ و $\Delta G_F^0(O_3) = 163KJ / mol$ احسب $\Delta H_F^0(O_3) = ?KJ / mol$

الاجابة:- نحسب الانتروبي من $\Delta S^0_r = \sum nS^0(P) - \sum nS^0(R)$

$$3O_{2(g)} + \rightarrow 2O_{3(g)} \quad \Delta S^0_r = ?J / K.mole$$

$$S^0 = \quad 205 \qquad 239$$

$$\Delta S^0_r = \sum nS^0(P) - \sum nS^0(R)$$

$$\Delta S^0_r = [2(239)] - [3(205)] \Rightarrow \Delta S^0_r = 478 - 615$$

$$\Delta S^0_r = -137J / K.mole$$

يجب تحويل الانتروبي الى كيلو جول

$$\Delta S^0_r = -137\cancel{J} / K.mole \times \frac{1KJ}{1000\cancel{J}} = -0.137KJ / K.mole$$

ثم نحسب ΔG^0_r من

$$\Delta G^0_r = \sum n\Delta G^0_F(P) - \sum n\Delta G^0_F(R)$$

$$\Delta G^0_r = [2(163)KJ / mol] - [3(0)] = 326KJ / mol$$

$$T(K) = C^0t + 273 \Rightarrow T(K) = 25C^0 + 273 = 298K$$

$$\Delta G^0{}_r = \Delta H^0{}_r - T\Delta S^0{}_r \Rightarrow 326 = \Delta H^0{}_r - \left(-298\,K \times 0.137KJ / K.mole\right)$$
$$326 = \Delta H^0{}_r + 40.8 \Rightarrow \Delta H^0{}_r = 326 - 40.8 = 285.2KJ / mol$$
$$\Delta H^0{}_F\left(O_3\right) = \frac{\Delta H^0{}_r}{n(mole)} = \frac{285.2}{2mol} = 142.6KJ / mole$$

س(16-1) احسب انثالبي التكوين القياسية للمركب $HPO_{3(s)}$ اذا اعطيت المعلومات الاتية:

$$P_4O_{10(s)} + 4HNO_{3(l)} \rightarrow 4HPO_{3(S)} + 2N_2O_{5(g)} \qquad \Delta H^0{}_r = -180KJ$$

$\Delta H^0{}_F$ للمركبات الاتية :

$$\Delta H^0{}_F\left(P_4O_{10}\right) = -2984KJ / mol, \Delta H^0{}_F\left(HNO_3\right) = -174KJ / mol$$
$$\Delta H^0{}_F\left(N_2O_5\right) = -43KJ / mol$$

الاجابة:- تكتب المعادلة

$$P_4O_{10(S)} + \quad 4HNO_{3(l)} \rightarrow 4HPO_{3(S)} + \quad 2N_2O_{5(g)}$$
$$\Delta H^0{}_F = -2984KJ / mol \quad -174KJ / mol \quad 4X \quad -43KJ / mol$$
$$\Delta H^0{}_r = \sum n\Delta H^0{}_F(p) - \sum n\Delta H^0{}_F(R)$$
$$-180 = \left[4X + 2(-43)\right] - \left[-2984 + 4(174)\right]$$
$$-180 = (4X - 86) - (-2984 - 696) \Rightarrow -180 = 4X - 86 + 3680$$
$$-180(KJ) = 4X - 3594 \Rightarrow 4X = -180 - 3594$$
$$4X = -3774(KJ / mole) \Rightarrow 4X = \frac{-3774(KJ / mole)}{4} = -943.5(KJ / mole)$$
$$\Delta H^0{}_r\left(HPO_3\right) = -943.5(KJ / mole)$$

س(17-1) ماذا نعني بالعملية التلقائية ، وضح ذلك ثم اعط مثالين لكل من العمليات التلقائية وغير التلقائية .

الاجابة:- العملية التلقائية :- هي عملية فيزيائية او كيميائية يمكن ان تحدث تلقاء نفسها عند ظروف معينة دون تأثير من اي عامل خارجي ومن الأمثلة سقوط الماء من اعلى الشلال وذوبان قطعة من السكر وعكس تلم العمليات اي صعود الماء من الاسفل الى الاعلى وتجمع السكر الى شكله الابتدائي هي عمليات غير تلقائية

س(1-18)ماذا نعني بدالة الحالة ، واعط مثالاً على كميتين تعدان دالة حالة ومثال على دالة مسار (دالة غير حالة

الاجابة:-

دالة الحالة:- هي تلك الخاصية او الكمية التي تعتمد على الحالة الابتدائية للنظام قبل التغير والحالة النهائية بعد التغير بغض النظر عن الطريق او المسار الذي تم من خلاله التغير .

مثل متسلقين جبل كل يطلب الوصول الى القمة بغض النظر عن الطريق الذي يسلكه

$$\Delta H = \Delta H_F - \Delta H_i$$

س(19-1) لماذا من الضروري بيان الحالة الفيزيائية عند كتابة التفاعلات الحرارية .

الاجابة:- لان معرفة الحالة الفيزيائية للتفاعلات الكيميائية تعطي تصور ان المادة قد تمتص طاقة كما في المواد

الصلبة اوان المادة تبعث حرارة (طاقة) مثل عملية تكثيف الماء وكما في المثال الاتي يوضح ذلك

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)} \Delta H = -286KJ/mol$$

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(g)} \Delta H = -242KJ/mol$$

لان قيمة الانثالبي تتغير بتغير الحالة الفيزيائية

س(1-20) ما الفرق بين الحرارة النوعية والسعة الحرارية ؟ وماهي وحدات هاتين الكميتين

الاجابة:-

الحرارة النوعية بانها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة غرام واحد مقدار بالغرام من اي مادة ووحداتها $(J/g.C^0)$

السعة الحرارية بانها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة m مقدار بالغرام من اي مادة درجة سيليزية واحدة ووحداتها (J/C^0)

س (1-21) ما الفرق بين الخواص المركزية والخواص الشاملة مع اعطاء امثلة لكل منها

الاجابة:-

1- الخواص الشاملة وهي تشمل جميع الخواص التي تعتمد على كمية المادة الموجودة في النظام مثل الكتلة والحجم والسعة الحرارية والانثالبي والانتروبي والطاقة الحرة

2- الخواص المركزة وتشمل جميع الخواص التي لا تعتمد على كمية المادة الموجودة في النظام مثل الضغط ودرجة الحرارة والكثافة والحرارة النوعية

س(1-22) للتفاعل $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)}$ احسب قيمة $\Delta S^0{}_r$ للتفاعل بوحدات J / K.mol علماً بأن $\Delta H^0{}_F(H_2O) = -242KJ/mol, \Delta G^0{}_F(H_2O) = -228KJ/mol$ ج/ $-94J/K.mol$

الاجابة :-

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O(g) \quad \Delta S^0{}_r = ?$$

$$\Delta H^0{}_F \quad 0 \quad 0 \quad -242(KJ/mol)$$

$$\Delta G^0{}_r \quad 0 \quad 0 \quad -228(KJ/mol)$$

$$\Delta H^0{}_r = \sum n\Delta H^0{}_F(P) - \sum n\Delta H^0{}_F(R)$$

$$\Delta H^0{}_r = [2(-242)] - [2(0) + 1(0)] \Rightarrow \Delta H^0{}_r = -484(KJ/mole)$$

$$\Delta G^0{}_r = \sum n\Delta G^0{}_F(P) - \sum n\Delta G^0{}_F(R)$$

$$\Delta G^0{}_r = [2(-228)] - [2(0) + 1(0)] \Rightarrow \Delta G^0{}_r = -456(KJ/mole)$$

$$\Delta G^0{}_r = \Delta H^0{}_r - T\Delta S^0{}_r$$

$$-456(KJ/mole) = -484(KJ/mole) - 298K \times \Delta S^0{}_r$$

$$298K \times \Delta S^0{}_r = -484(KJ/mole) + 456(KJ/mole)$$

$$298K \times \Delta S^0_r = -28(KJ/mole) \Rightarrow \Delta S^0_r = \frac{-28(KJ/mole)}{298K}$$

$$\Delta S^0_r = -0.0939 \approx -0.094(KJ/K.mole)$$

نحول وحدات الانتروبي من كيلو جول الى جول تضرب في 1000

$$\Delta S^0_r = -0.094(KJ/K.mole) \times \frac{1000(J)}{1KJ} = -94(J/K.mole)$$

س(23-1) جد انثالبية التكوين لغاز الاثيلين C_2H_4 اذا علمت ان درجة الاحتراق القياسية لكل من H_2 و C و C_2H_4 هي على التوالي مقاسة بوحدات $KJ/mole$ $(-286 ، -394 ، -1411)$ ج/ $51KJ$

نكتب معادلة التكوين ΔH^0_F $2C_{gra} + 2H_{2(g)} \rightarrow C_2H_4$

الاجابة :- نكتب معادلات الاحتراق اولاً :

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)} \Delta H^0_C = -286KJ/mole$$

$$C_{gra} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \Delta H^0_C = -394KJ/mol$$

$$C_2H_4 + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \Delta H^0_C = -1411KJ/mole$$

ضرب المعادلة الاولى والثانية في 2 وقلب المعادلة الثالثة ثم نجمع المعادلات 4، 5، 6

$$4 - 2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)} \Delta H^0_C = -572KJ/mole$$

$$5 - 2C_{gra} + O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} \Delta H^0_C = -788KJ/mol$$

$$6 - 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow C_2H_4 + 3O_{2(g)} \Delta H^0_C = +1411KJ/mole$$

$$2C_{gra} + 2H_{2(g)} \rightarrow C_2H_4 \Delta H^0_C = +51KJ/mole = \Delta H^0_r$$

بما المادة المحترقة C_2H_4 لمول واحد والمتكونة لمول واحد ∴ **حرارة الاحتراق = حرارة التكوين =حرارة التفاعل**

$$\Delta H^0_F = \Delta H^0_F = +51KJ/mol$$

س(24-1) عند حدوث تفاعل كيميائي في مسعر سعته الحرارية الكلية تساوي $4.2KJ/C^0$ فان درجة حرارة المسعر ترتفع بمقدار $0.12C^0$ احسب التغير في الانثالبي لهذا التفاعل بوحدات الجول .

الاجابة:- بما ان الانثالبي تساوي كمية الحرارة $\boxed{\Delta H_r = q_p}$ في المسعر ∴ $\Delta H_r = C \times \Delta T$

$$\Delta H_r = 2.4(KJ/C^0) \times 0.12C^0 \Rightarrow \Delta H_r = -0.288KJ$$

$$\Delta H_r = 0.288KJ \times 1000\frac{J}{KJ} = -288J$$

س(25-1) جد $\Delta H^0_F(Fe_2O_3)$ من انثالبيات التفاعلات الاتية

$$2Al_2O_3 \rightarrow 4Al + 3O_2 \qquad \Delta H = 3340KJ$$

$$2Al + Fe_2O_3 \rightarrow 2Fe + Al_2O_3 \qquad \Delta H = -853KJ$$

ج/ $-817KJ$

الاجابة :-
قلب المعادلات 1،2 وضرب الثانية في 2 ثم جمع المعادلات 3،4 نحصل على معادلة التكوين

$$4Al + 3O_2 \rightarrow 2Al_2O_3 \quad \Delta H = -3340KJ$$

$$4Fe + 2Al_2O_3 \rightarrow 4Al + 2Fe_2O_3 \quad \Delta H = +1706KJ$$

$$4Fe + 3O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3 \quad \Delta H^0_r = -1634KJ$$

$$\Delta H^0_F = \frac{\Delta H^0_r}{n(mole)} = \Delta H^0_F = \frac{-1634KJ}{2(mole)} = -817KJ/mol$$

س(1-26) ما قيمة ΔS_r لانصهار الجليد بوحدات $J/K.mole$ اذا علمت ان انثالبية التكوين القياسية للماء تساوي $-286KJ/mole$ وانثالبية التكوين القياسية للجليد تساوي $-292KJ/mole$ ج/ $22KJ/mole$

$$H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)} \quad \Delta H^0_F = -286KJ/mole$$

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(s)} \quad \Delta H^0_F = -292KJ/mole$$

عكس التفاعل الثاني للحصول على معادلة تحول السائل الى صلب ثم نجمع المعادلات بعد التغيير1و3

$$1- H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)} \quad \Delta H^0_F = -286KJ/mole$$

$$3- H_2O_{(S)} \rightarrow H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \quad \Delta H^0_F = +292KJ/mole$$

$$H_2O_{(S)} \rightarrow H_2O_{(l)} \ldots \Delta H^0_F = -286KJ/mole + 292KJ/mole = +6KJ/mole$$

درجة انصهار الجليد هي 0 .:.

$$\Delta S^0_{Fus} = \frac{\Delta H^0_{Fus}}{T_m} \Rightarrow \Delta S^0_{Fus} = \frac{+6000J/mole}{0+273} = 21.9J/K.mol \approx \Delta S^0_{Fus} = 22(J/K.mole)$$

س(1-27) عرف طاقة كبس الحرة للتكوين القياسية وما هي وحداتها

الاجابة:- طاقة كبس الحرة للتكوين القياسية بانها مقدار التغيير في الطاقة الحرة عند تكوين مول واحد من اي مركب من عناصره الاساسية بأثبت صورها عند الظروف القياسية $25C^0$ وضغط 1atm ويرمز لها ΔG^0_F وحداتها $KJ/mole$

س(1-28) اذا علمت ان انثالبي احتراق كل من غاز CH_3OH, H_2, CO بوحدات (KJ/mol) هي على التوالي $(-727, -286, -284)$ احسب ΔH^0_r باستخدام قانون هيس للتفاعل الاتي $CO + 2H_2 \rightarrow CH_3OH$

ج / $-129KJ$ الاجابة:- تكتب معادلات الاحتراق

$$(1) CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow CO_2 \quad \Delta H^0_r = -284(KJ/mole)$$

$$(2) H_2 + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)} \quad \Delta H^0_r = -286(KJ/mole)$$

$$(3) CH_3OH + \frac{3}{2}O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \quad \Delta H^0_r = -727(KJ/mole)$$

نلاحظ من حيث الموقع وعدد المولات عند مقارنة المعادلات مع المعادلة الاساسية
لغرض الحصول على المعادلة الاساسية وحساب انثالبي التفاعل لها يجب بقاء المعادلة رقم 1 ثابتة وضرب المعادلة رقم 2 في 2 تصبح رقم 4 بينما قلب المعادلة رقم 3 وتصبح رقم 5 ثم جمع المعادلات 1 و5 و6

$$(1)CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow CO_2 \quad \Delta H^0_r = -284(KJ/mole)$$

$$(6)2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)} \quad \Delta H^0_r = -572(KJ/mole)$$

$$(6)\ CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow CH_3OH_{(l)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \quad \Delta H^0_r = +727(KJ/mole)$$

$$CO_{(g)} + 2H_{2(g)} \rightarrow CH_3OH_{(l)} \quad \Delta H^0_r = +727 - 572 - 284 = -129(KJ/mole)$$

س(29-1) اذا تم حرق عينة كتلتها $1.5g$ من حامض الخليك CH_3COOH (الكتلة المولية للحامض $60g/mol$) بوجود كمية وافية من الاوكسجين وكان المسعر يحتوي على $750g$ من الماء(الحرارة النوعية للماء $4.2J/g.C^0$) فاذا ارتفعت درجة حرارة المسعر ومحتوياته من $24C^0$ الى $28C^0$ احسب كمية الحرارة التي يمكن ان تنبعث نتيجة احتراق مول واحد من الحامض على فرض ان السعة الحرارية للمسعر مهملة.

الاجابة :-

$$q(J) = \varsigma(J/g.C^0) \times m(g) \times (T_F - T_i)C^0$$

$$q(J) = 4.2(J/g.C^0) \times 750(g) \times (28-24)C^0$$

$$q(J) = 3150(J) \times 4 \Rightarrow q(J) = 12600(J)$$

بما اننا نريد حساب الحرارة المتحررة فان هذه الكمية من الحرارة يجب ان تكون سالبة 1200 J –
نتيجة احتراق 1mol من حامض الخليك يجب ان نقسم كمية الحرارة المتحررة على عدد المولات المكافئة في 1.5g من الحامض يجب ان نجد عدد المولات من

$$q(J)n(mol) = \frac{m(g)}{M(g/mol)} \Rightarrow n(mol) = \frac{1.5(g)}{60(g/mol)} = 0.025(mole)$$

نجد كمية الحرارة المتحررة بدلالة المولات من

$$q_P = \frac{-q_P}{n(mole)} \Rightarrow q_P = \frac{-12600(J)}{0.025(mole)} = -504000(J/mol)$$

س(30-1) علل ما يأتي على ضوء علاقة كبس $(\Delta G = \Delta H - T\Delta S)$

1) عملية انصهار الجليد تلقائية بالظروف الاعتيادية (2) لا يتحلل الماء الى عناصره الاولية بالظروف الاعتيادية.
3) يذوب غاز ثنائي اوكسيد الكبريت في الماء تلقائياً ويبعث حرارة اثناء عملية ذوبانه .
4) لا تتفكك كاربونات الكالسيوم بدرجات الحرارة الاعتيادية .
5) تفكك اوكسيد الزئبق (II) يكون تلقائياً عند درجات الحرارة العالية .
6) يتجمد الماء تلقائياً بدرجات الحرارة المنخفضة جداً وليس بالظروف الاعتيادية
7) يتحلل الاوزون الى الاوكسجين تلقائياً بالظروف الاعتيادية
8) بعض الاملاح تذوب في الماء تلقائياً بالرغم من ان عملية ذوبانها تصاحبها امتصاص حرارة

الاجابة:- (1)بما ان عملية الانصهار تحول المادة الصلبة الى المادة السائلة بالظروف الاعتيادية تكون $\Delta G = -$ تلقائية بينما تكون $\Delta H = +$ ، $\Delta S = +$ وعلى ضوء علاقة كبس $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \Rightarrow \Delta G = (+) - T(+) \Rightarrow \Delta G = -$

بشرط تكون القيمة $(T\Delta S > \Delta H)$ رفع درجة الحرارة لكي يكون التفاعل تلقائي

---

(2) بما ان الماء لا يتحلل $\Delta G = +$ ونفرض ان الماء يتحلل تكون قيم $\Delta H = +$ ، $\Delta S = +$

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \Rightarrow \Delta G = (+) - T(+)$ بشرط يكون المقدار $T\Delta S < \Delta H$ غير تلقائي

$\Delta G = +$

يجب خفض درجة الحرارة لكي يكون التفاعل غير تلقائي

---

(3) بما ان التفاعل تلقائي $\therefore \Delta G = -$ بما ان الغاز يذوب في الماء تكون قيم $\Delta H = -, \Delta S = -$

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \Rightarrow \Delta G = (-\Delta H) - T(-\Delta S)$ بشرط تكون قيمة $T\Delta S < \Delta H$ التفاعل تلقائي

$\Delta G = (-\Delta H) + T\Delta S \Rightarrow \Delta G = -$

يجب خفض درجة الحرارة لكي يكون التفاعل تلقائي

---

(4) بما ان كاربونات الكالسيوم لا تتفكك تكون $\Delta G = +$ نفرض ان عملية التفكك حصلت تكون قيم $\Delta H = +$ ، $\Delta S = +$ وعلى ضوء علاقة كبس

$CaCO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} CaO_{S} + CO_{2(g)}$

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \Rightarrow \Delta G = (+\Delta H) - T(+\Delta S)$

$\Delta G = (+\Delta H) - T\Delta S \Rightarrow \Delta G = +$

بشرط تكون قيمة $T\Delta S < \Delta H$ انخفاض الحرارة $\therefore$ التفاعل غير تلقائي

$2HgO_{(g)} \xrightarrow{\text{يتفكك}} 2Hg_{(l)} + O_{2(g)}$

(5) بما ان تفكك تكون

بما التفاعل تلقائي $\Delta G = -$

ماص للحرارة $\Delta H = +$

زيادة في عشوائية $\Delta S = +$

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \Rightarrow \Delta G = +\Delta H - T(+\Delta S)$

$\Delta G = +\Delta H - T\Delta S \Rightarrow \Delta G = -$

بشرط يكون $\Delta H < T\Delta S$ ارتفاع درجة الحرارة (تلقائي)

(6 $H_2O_{(l)} \rightarrow H_2O_{(S)}$ فان قيم $\Delta H = -$ التفاعل باعث للحرارة و $\Delta S = -$ انخفاض بالعشوائية

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \Rightarrow \Delta G = -\Delta H - T(-\Delta S)$ **التفاعل تلقائي**

$\Delta G = -\Delta H + T\Delta S \Rightarrow \Delta G = -$

بشرط ان مقدار الانثالبي اكبر من الانتروبي $(T\Delta S < \Delta H)$ وهذا يتم بانخفاض درجة الحرارة

(7 $2O_3 \rightarrow 3O_2$ بما عملية تحلل الاوزون تلقائية فان $\Delta G = -$ تكون قيمة $\Delta H = -$ باعث للحرارة ,

$\Delta S = +$ زيادة بالعشوائية

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \Rightarrow \Delta G = -\Delta H - T(+\Delta S)$ **التفاعل تلقائي**

$\Delta G = +\Delta H - T\Delta S \Rightarrow \Delta G = -$

بعض النظر الى درجات الحرارة التفاعل تلقائي

---

8) $NH_4Cl_{(S)} \rightarrow NH_4{}^{+}{}_{(aq)} + Cl^{-}{}_{(aq)}$ (عملية ذوبان الملح تلقائية $\Delta G = -$)ذوبان الملح الى ايوناته يكون قيم $\Delta H = +$ تفاعل ماص للحرارة $\Delta S = +$ زيادة بالعشوائية وعند تطبيق معادلة كبس $\Delta G = \Delta H - T\,\Delta S$

$$\Delta G = +\Delta H - T\,(+\Delta S) \Rightarrow \Delta G = +\Delta H - T\,\Delta S \Rightarrow \Delta G = -$$

بشرط ان مقدار $T\Delta S$ اكبر من ΔH

س تكون المحلول دائماً زيادة الانتروبي
يحدث تكسر النظام الهيكلي للمذاب وكذلك جزء من الانتظام الهيكلي للماء (المذيب) وعلية يكون المحلول لا انتظام اكثر مما للمذيب النقي اي عند اذابة مادة صلبة تحدث نتيجة عاملين هما آ- عملية تكون المحلول ب- تفكك المركب الصلب الى ايونات

الفصل الثاني

2

الاتزان الكيميائي

Chemical Equilibrium



الكيمياء للصف السادس

الفصل الثاني(التطبيقي)

تعاريف – تعاليل- قوانين – حلول بعض الأمثلة والتمرينات وأسئلة الكتاب

اعداد الأستاذ

رحيم عبد جواد الأعاجيبي

رقم الهاتف 07804010634

التفاعل الكيميائي :- هو عملية تتحول فيها مادة واحدة او اكثر الى مواد جديدة تختلف في صفاتهاعن المادة او المواد التي تفاعلت في البداية تقسم التفاعلات الكيميائية الى :-

1) التفاعلات غير الانعكاسية (تام)
بأنها التي يتم فيها (عند ظروف معينة)استهلاك تام لاحد او جميع المواد المتفاعلة ولا يكون للمواد الناتجة عند ظروف التفاعل نفسها القدرة على ان تتفاعل لتكوين المواد التي تكونت منها وتكون ذات اتجاه واحد $(\rightarrow)$ مثل :- التفاعل

$$H_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$$

2) التفاعلات الانعكاسية(غير تام)
بأنها التي يتم فها تحول المواد المتفاعلة الى نواتج في بداية التفاعل ويكون للمواد الناتجة المقدرة على ان تتفاعل مع بعضها لتكوين المواد التي تكونت منها مرة اخرى لا تستهلك المواد المتفاعلة $(\rightleftharpoons)$ ويكون باتجاهين متعاكسين مثل التفاعل الاتي:

$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$ وتكون في حالة اتزان $R_F = R_b$

الاتزان الكيميائي :- هي حالة اتزان ديناميكي (حركي) وليست حالة اتزان استاتيكي (ساكن) اي ان التفاعل مستمر وبكلا الاتجاهين الامامي والخلفي بالمقدرة والسرعة ذاتها ($R_F + R_b$) سرعة التفاعل الامامي = سرعة التفاعل الخلفي وتكون تراكيز المواد الناتجة والمتفاعلة عند حالة الاتزان ثابتة دون تغير مالم يحدث تغيير على الظروف التي يتم عندها التفاعل مثال على ذلك:

$N_{2(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$ **حيث (K_F) يمثل ثابت سرعة الامامي**
و(K_b) يمثل ثابت سرعة التفاعل الخلفي ويكون في حالة اتزان

س ما هي التفاعلات الانعكاسية؟ اولاً:- التفاعلات الانعكاسية المتجانسة /هي المواد التي تكون فيها المواد المتفاعلة والناتجة جميعها في طور واحد وجميع التفاعلات تجري في نظام مغلق مثل

$$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$$

$$Zn_{(s)} + S_{(s)} \rightleftharpoons ZnS_{(s)}$$

س تظهر التفاعلات الانعكاسية عند وصولها الى حالة الاتزان وكأنها متوقفة ؟ (وزاري)
الجواب لأنها في حالة اتزان ديناميكي (حركي) وليست حالة اتزان استاتيكي (ساكن) اي ان التفاعل مستمر بكلا الاتجاهين الامامي والخلفي بالمقدرة ذاتها

س التفاعلات غير الانعكاسية (تام)ذات ثابت اتزان كبيراً جداً؟
الجواب لأنها تفاعلات تكون بالاتجاه الامامي اي باتجاه النواتج لايكون لها المقدرة على ان تتفاعل مع بعضها لتكوين المتفاعلات من جديد لذلك يكون تراكيز النواتج كبيرة جداً بما ان العلاقة طردية بينهما اذا يكون الثابت كبير جداً

ثانياً :- التفاعلات الانعكاسية غير المتجانسة :- فهي التفاعلات التي توجد فيها المواد المتفاعلة والناتجة في اكثر من طور واحد ومن امثلتها

$$2Hg_{(l)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2HgO_{(s)} \quad \text{و} \quad H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2O_{(g)}$$

قانون فعل الكتلة / ينص عند ثبوت درجة الحرارة فان سرعة التفاعل الكيميائي في اي اتجاهاً كان تتناسب طردياً مع التراكيز المولارية للمواد المتفاعلة كلاً منها مرفوع الى اس يمثل عدد المولات الموضوع امام كل مادة في المعادلة الكيميائية الموزونة

س وضح قانون فعل الكتلة وفق التفاعل الاتي : $H_{2(g)} + I_{2(g)} \underset{K_b}{\overset{K_F}{\rightleftharpoons}} 2HI_{(g)}$

الجواب :- يمكن التعبير عن سرعة التفاعل الامامي R_F وسرعة التفاعل الخلفي R_b

رياضياً وحسب قانون فعل الكتلة كالاتي: $R_b = K_b[HI]^2 \Rightarrow R_F = K_F[H_2][I_2]$

ثابت الاتزان / قانون الاتزان الكيميائي هو حسب المعادلة:- $aA + bB \rightleftharpoons gG + hH$

$$\frac{K_F}{K_b} = \frac{[G]^g[H]^h}{[A]^a[B]^b} \Longrightarrow K_C = \frac{[G]^g[H]^h}{[A]^a[B]^b} \Rightarrow K_{eq} = \frac{K_F}{K_b}$$

تمرين (2-1) تفاعل ما متزن ثابت الاتزان K_{eq} يساوي 4.24 وثابت سرعة التفاعل الخلفي K_b يساوي 0.02 احسب ثابت سرعة التفاعل الامامي K_F الاجابة :- (وزاري فراغ)

$$K_{eq} = \frac{K_F}{K_b} \Rightarrow 4.24 = \frac{K_F}{0.02} \Rightarrow K_F = 4.24 \times 0.02 \Rightarrow \boxed{K_F = 0.0848}$$

يعرف ثابت الاتزان بأنه النسبة بين ثابت تناسب سرعة التفاعل الامامي وثابت سرعة التفاعل الخلفي كما يعرف بانه حاصل ضرب التراكيز المولارية للمواد الناتجة عند حالة الاتزان مقسوماً على حاصل ضرب التراكيز المولارية للمواد المتفاعلة عند الاتزان كل منها مرفوع لاس عدد مولاتهافي معادلة التفاعل الموزونة ، وهي قيمة ثابتة ويرمز له K_{eq}

يعرف ثابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزئية K_P حاصل ضرب الضغوط الجزئية للمواد الناتجةعند الاتزان مقسوماً حاصل ضرب الضغوط الجزئية للمواد المتفاعلة عند الاتزان كل منها مرفوع الى اس عدد مولاتها في معادلة التفاعل الموزونة وهي قيمة ثابتة عند ثبوت درجة الحرارة

ويمكن التعبير عن الاتزان الكيميائي بدلالة التركيز المولاري(K_C) والضغوط الجزئية(K_P) يصبح القانون بالشكل التالي :

$$K_C = \frac{[G]^g[H]^h}{[A]^a[B]^b} \ldots\ldots K_P = \frac{P^g{}_G P^h{}_H}{P^a{}_A P^b{}_B}$$

يمكن حذف تراكيز المواد الصلبة والسائلة النقية من علاقة ثابت الاتزان لأنها تبقى ثابتة مهما تغيرت كيميائياً وان تغير الحجم فان النسبة هذه المواد الى الحجم ستبقى ثابتة في التفاعلات غير المتجانسة لا تدخل في القانون كما في تفكك بيكاربونات الصوديوم

$$2NaHCO_3 \xrightarrow{\Delta} Na_2CO_{3(S)} + H_2O_{(g)} + CO_{2(g)}$$

يحذف الصلب ويكتب القانون بالشكل التالي وعلى التوالي :-

$$K_C = [CO_2][H_2O]$$ و $$K_P = P_{CO_2} P_{H_2O}$$

التركيز المولاري ثابت الضغوط الجزئية

ملاحظة / اذا كانت مواد التفاعل في الطور الغازي والصلب والسائل تهمل الصلبة والسائلة اذا كانت مواد التفاعل في الطور السائل والصلب نهمل الصلب وندخل السوائل في القانون بشرط ان تكون المواد الصلبة في المقام عند قسمة التراكيز في هذه الحالة تعتبر قيمة المواد الصلبة واحد اذا كانت مواد التفاعل في الطور السائل فقط وتدخل السوائل بالقانون

تمرين(2-2) اكتب ثوابت الاتزان بدلالة التراكيز المولارية K_C وثوابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزئية K_P للتفاعلات التالية ان امكن

$$(1)2CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)} + O_{2(g)}, (2)3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2O_{3(g)}$$

$$(3)CO_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons COCl_{2(g)}, (4)H_2O_{(g)} + C_{(s)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_{2(g)}$$

$$(5)2ZnS_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2ZnO_{(s)} + 2SO_{2(g)}$$

$$(6)C_6H_5COOH_{(aq)} \rightleftharpoons C_6H_5COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$

$$(7)2NO_{2(g)} + 7H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + 4H_2O_{(l)}$$

$$(1)K_C = \frac{[CO]^2[O_2]}{[CO_2]^2} \Rightarrow K_P = \frac{P^2_{(CO)} P_{(O_2)}}{P^2_{(CO_2)}}$$ و $$(2)K_C = \frac{[O_3]^2}{[O_2]^3} \Rightarrow K_P = \frac{P^2(O_3)}{P^3(O_2)}$$

$$(3)K_C = \frac{[COCl_2]}{[CO][Cl_2]} \Rightarrow K_P = \frac{P_{(COCl_2)}}{P_{(CO)} PCl_2}$$ و $$(4)K_C = \frac{[CO][H_2]}{[H_2O]} \Rightarrow K_P = \frac{P_{(CO)} P_{(H_2)}}{P_{(H_2O)}}$$

$$(5)K_C = \frac{[SO_2]^2}{[O_2]^3} \Rightarrow K_P = \frac{P^2_{(SO_2)}}{P^3_{(O_2)}}$$ $$(6)K_C = \frac{[C_6H_5COO^-][H^+]}{[C_6H_5COOH]}$$

$$(7)K_C = \frac{[NH_3]^2}{[NO_3]^2[H_2]^7} \Rightarrow K_P = \frac{P^2_{(NH_3)}}{P^2(NO_3)P^7(H_2)}$$

حساب ثابت الاتزان K_{eq}

1) كتابة المعادلة الموزونة 2) التعبير بدلالة المولارية K_C وبدلالة الضغوط الجزئية K_P

3) لا تدخل المواد الصلبة والسائلة في قانون K_P ولا تدخل المواد الصلبة والسائلة في K_C اكثر من طور واحد

4) يجب تحويل عدد غرامات او المولات الى التركيز المولاري

($M = \frac{n(mole)}{V(L)}$ أو $n = \frac{m(g)}{M(g/mole)}$)

5) اذا كان الحجم واحد لتر تكون المولارية = عدد المولات (M=n) واذا كان الحجم اكثر من واحد نستخدم القانون التالي ($M = \frac{n(mole)}{V(L)}$)

ملاحظات / اذا التفاعل امامي تسبق المواد المتفاعلة بالإشارة السالبة وفق العبارات الاتية (المتفكك – المستهلك – مقدار الانخفاض او النقصان – المتحلل – المتفاعل - نقارن بين التراكيز الابتدائية فان كان نقصان تسبق بإشارة سالبة) وتكون موجبة عندما يكون التفاعل خلفي وفق العبارات الاتية مقدار الزيادة بالمواد المتفاعلة او قد ارتفعت او زادت بمقدار – او نقارن بين التراكيز الابتدائية والنهائية فاذا كانت زيادة تسبق بالإشارة الموجبة

ويمكن كتابة حالة الاتزان النهائي اسفل الاتزان الافتراضي والتي تبين عنها العبارات الاتية (المتبقي – المتكون – الناتج) للمواد المتفاعلة والناتجة

س/ كيف يتم حساب (K_{eq}) ؟

اولاً:- اذا كانت تراكيز جميع المواد المتفاعلة والناتجة معلومة وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان يتم تعويض هذه القيم في علاقة ثابت الاتزان لغرض ايجاد قيمته كما في اسئلة نهاية الفصل

ثانياً :- اذا كانت قيمة ثابت الاتزان وتراكيز المواد المتفاعلة معلومة ولم تعطى تراكيز المواد الناتجة نجعلها تساوي صفر والمطلوب ايجاد تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة وعند حصول الاتزان وهذا ينطبق على الضغوط الجزئية والمولارية نقوم بما يلي:-

1) نعمل جدول ونثبت فيه تراكيز او ضغوط لكل من المواد المتفاعلة والناتجة(تعطى صفر)بعد تقسيم الجدول تراكيز او ضغوط ابتدائية وحالة التغير (المتفاعل) وحالة الاتزان
2) نجد قيمة المتغير ثم يعوض في حالة الاتزان وبعدها نجد كل تراكيز الخليط

تمرين (2-3) للتفاعل الاتي :- $H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr$

وضع في اناء حجمه لتر واحد 0.4mole من كل من H_2 وBr_2 وبدرجة حرارة $425C^0$ احسب تراكيز المواد التي تكون خليط الاتزان اذا علمت ان K_C يساوي 0.25

الاجابة :-بما ان الحجم لتر واحد تكون المولارية = عدد المولات

المعطيات	$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr$		K_C=0.25
التراكيز	$[H_2]$	[Br]	2[HBr]
التراكيز الابتدائية	0.4	0.4	0.00
حالة التغير	-X	-X	+2X
	0.4-X	0.4-X	+2X

$$K_C = \frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]} \Rightarrow 0.25 = \frac{[2X]^2}{[0.4-X][[0.4-X]]}$$ (جذر طرفي المعادلة)

$$0.5 = \frac{2X}{0.4-X} \Rightarrow 2X = 0.2 - 0.5X \Rightarrow 2X + 0.5 = 0.2 \Rightarrow 2.5X = 0.2$$

وبالتعويض في حالة الاتزان

$$\Rightarrow X = \frac{0.2}{2.5} = 0.08(mole/L)$$

$$[HBr] = 2X \Rightarrow [HBr] = 2 \times 0.08 = \boxed{0.16(mole/L)}$$

$$[H_2] = [Br_2] = 0.4 - X \Rightarrow [H_2] = [Br_2] = 0.4 - 0.08 = \boxed{0.32(mole/L)}$$

ثالثاً :- تعطى تراكيز او ضغوط جزئية للمواد الابتدائية الموضوعة في اناء التفاعل واعطى تركيز او ضغوط جزئي او احد المواد المتفاعلة او الناتجة عند حالة الاتزان والمطلوب ايجاد ثابت الاتزان نجعل حالة الاتزان =الناتج

تمرين (2-4) للتفاعل $2CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)} + O_{2(g)}$ وضع في اناء حجمه لتر 0.8mole من غاز CO_2 درجة حرارة معينة وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان ربع كمية الغاز قد تفككت احسب K_C

الاجابة :- بما ان لتر واحد اذن تكون المولارية = المولات

V=1L M=n	$2CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)} + O_{2(g)}$		المعطيات
$[O_2]$	2[CO]	$2[CO_2]$	التراكيز المولارية
0.0	0.0	0.8	التراكيز الابتدائية
+X	+2X	-2X	حالة التغير
+X	+2X	0.8-2X	حالة الاتزان

بما ان تفكك ربع الغاز نستخرج المستهلك = $\frac{1}{4} \times 0.8$ = 0.2 ومن قيمة المستهلك نجد قيمة X

قيمه المستهلك = (2X) حالة التغير

$2X = 0.2 \Rightarrow X = \frac{0.2}{2} = 0.1 mole/L$ ثم التعويض في حالة الاتزان

$$[CO_2] = 0.8 - 2X \Rightarrow = 0.8 - 2(0.1) \Rightarrow [CO_2] = 0.8 - 0.2 = 0.6 mole/L$$

$$[CO] = 2X \Rightarrow [CO] = 2 \times 0.1 = 0.2 mole/L \Rightarrow [O_2] = X \Rightarrow [O_2] = 0.1 mole/L$$

$$K_C = \frac{[CO]^2[O_2]}{[CO_2]^2} \Rightarrow K_C = \frac{[0.2]^2[0.1]}{[0.6]^2} \Rightarrow K_C = \frac{0.04 \times 0.1}{0.36} = \frac{0.004}{0.36} = 0.011$$

رابعاً :- المستهلك او المتفاعل = التغير بالتركيز وكذلك من قانون النسبة المئوية نجد المتغير او المتفكك واذا اعطى تراكيز المتغير او المتفكك واذا اعطى تراكيز مختلفة للمواد المتفاعلة ولم تذكر المواد الناتجة واعطى المتبقي عند وصول التفاعل الى حالة الاتزان كما مبين في س24

س وضح العلاقة بين الطاقة الحرة ΔG وقيمة حاصل التفاعل Q للتفاعل الاتي :

$aA + bB \rightleftharpoons gG + hH$ ترتبط ΔG غير قياسية مع ΔG^0 لهذا التفاعل العام بالعلاقة الاتية :

$\Delta G = \Delta G^0 + RTIn\frac{[G]^g[H]^h}{[A]^a[B]^b} \rightarrow (1)$ حيث ان R يمثل ثابت الغازات يساوي $R = 8.314(J/K.mol)$

و T درجة الحرارة بوحدة الكلفن ومن حاصل القسمة في المعادلة الاولى تصبح بالشكل الاتي :

$\Delta G = \Delta G^0 + RTInQ \rightarrow (2)$ وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان تصبح $(\Delta G^0 = 0)$ و $(Q = K_{eq})$
تصبح المعادلة رقم 2 بالشكل التالي $\Delta G^0 = -RTInK_{eq} \rightarrow (3)$ ويمكن اعتبار K_{eq} هو $K_P, K_C,$

س اهمية المعادلة الاتية $\Delta G^0 = -RTInK_{eq}$ وما هي العلاقة بين ΔG^0 و K_{eq} ؟
ج/ لأنها تمكننا من معرفة التغير في الطاقة القياسية ΔG^0ومن معرفة ثابت الاتزان K_{eq}
العلاقة عكسية بينهما وكما مبين في الجدول التالي :

K_{eq}	$\ln K_{eq}$	ΔG^0	الملاحظات
$K_{eq}>1$	موجبة (+)	سالبة(-)	يجري التفاعل تلقائياً باتجاه النواتج
$K_{eq}=1$	0	0	التفاعل في حالة اتزان(النسبة ثابتة بين النواتج والمتفاعلات)
$K_{eq}<1$	سالبة(-)	موجبة	لا يجري التفاعل تلقائياً ويتجه باتجاه المتفاعلات (اي التفاعل عكسي)

مثال (2-5) مهم اذا علمت ان ΔG^0 للتفاعل التالي تساوي ΔG^0= - 104KJ/mole عند درجة حرارة $25C^0$ وضغط 1atm

$$CCl_{4(l)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons HCl_{(g)} + CHCl_{3(l)}$$

ج/ نحول درجة الحرارة من وحدة C^0 الى K

$$T(K) = tC^0 + 273 = \boxed{T(K) = 25 + 278 = 298K}$$

$$\Delta G^0(J/mole) = \Delta G^0(KJ/mole) \times \frac{1000(j)}{1KJ}$$

$$\boxed{\Delta G^0(J/mole) =} -104(\cancel{KJ}/mole) \times \frac{1000(J)}{1\cancel{KJ}}$$

$$\boxed{\Delta G^0(J/mole) = -104000(J/mole)}$$

$$\Delta G^0 = -RT\ln K_{eq} \Rightarrow -104000(J/mole) = -8.314(J/mole) \times 298K \ln K_{eq}$$

$$-104000(J/mole) = -2477.572(J/mole)K \ln K_{eq}$$

$$\ln K_{eq} = \frac{-104000(\cancel{J/mole})}{-2477.572(\cancel{J/mole})} = 41.97658 \Rightarrow \frac{\cancel{\ln} K_{eq}}{\cancel{e}} = e^{41.97658}$$

$$K_{eq} = 1.699 \times 10^{18} \approx 1.7 \times 10^{18}$$

تمرين (2-5) احسب ثابت الاتزان K_p للتفاعل التالي عند درجة حرارة $25C^0$ وضغط 1 atm
$2H_2O_{(l)} \rightleftharpoons 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$ اذا علمت ان الطاقة الحرة القياسية لتكوين الماء هي:
$\Delta G^0_{(H2O)}$= -237KJ /mol بين هل هذا التفاعل تلقائياً في درجة حرارة $25C^0$
ج/ 8×10^{-84} ولا يحدث تلقائي الاجابة

$$2H_2O \rightleftharpoons 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$$

$$\Delta G^0_F = -237 \qquad 0 \qquad 0$$

$$1)\Delta G^0 = \sum n\Delta \overset{0}{G}_F(P) - \sum n\Delta \overset{0}{G}_F(R)$$

$$\Delta G^0 = [(2X0)+0]-[2(-237)] \Rightarrow \Delta G^0 = +474(KJ)$$

$$\boxed{\Delta G^0 = 474\times 1000 = 474000(J)}$$

نحول KJ الى J نضرب × 1000 لا يحدث تلقائياً

$$2)T(K) = tC^0 + 273 \Rightarrow \boxed{T(K) = 25+273 = 298K}$$

$$3)\Delta G^0 = -RT\ln K_P \Rightarrow 474000(J) = -(8.314\times 298)\ln K_P$$

$$\ln K_P = \frac{474000}{-2477.572} \Rightarrow \ln K_P = -191.316 \Rightarrow \frac{\ln}{e} K_P = e^{-191.316} \Rightarrow \boxed{K_P = 8\times 10^{-84}}$$

قاعدة لوشاتلية : - اهميتها في دراسة العوامل الخارجية على موضع الاتزان الذي هو مدى انحراف الاتزان لتكوين المواد الناتجة او المتفاعلة وصولاً الى حالة الاتزان مجدداً وتعرف هي
اذا اثر مؤثر خارجي مثل تغير التركيز او الحجم او الضغط او درجة الحرارة على تفاعل ما في حالة الاتزان فان هذا التفاعل يتجه بالاتجاه الذي يقلل من تأثير ذلك المؤثر ليصل التفاعل الى حالة اتزان جديدة

س / ماهي العوامل المؤثرة على حالة الاتزان ؟
1) تأثير التغير في تراكيز المواد المتفاعلة او الناتجة على موضع الاتزان
2) تأثير الضغط او حجم اناء التفاعل على موضع الاتزان
3) تأثير درجة الحرارة على موضع الاتزان وقيمة ثابت الاتزان 4) تأثير اضافة العامل المساعد

س/ في التفاعل الغازي التالي : $NH_{3(g)} \rightleftharpoons \frac{3}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{2}N_{2(g)}$ وضح ما يلي :
1) اضافة زيادة من المواد المتفاعلة 2) اضافة كمية الى المواد الناتجة
3) سحب كمية من المتفاعلات 4) سحب كمية من الناتج
5)الاستمرار في انتاج غاز الامونيا بشكل مستمر ؟
ج/ 1) يتجه التفاعل بالاتجاه الامامي للتخلص من الزيادة باتجاه NH_3
2) يتجه التفاعل بالاتجاه الخلفي للتخلص من الزيادة $(N_2 + 3H_2)$
3) يتجه التفاعل بالاتجاه الخلفي الذي يعوض عن النقص الحاصل في المواد المتفاعلة
4) يتجه التفاعل بالاتجاه الامامي الذي يعوض النقص الحاصل في المواد الناتجة
5) تعتبر عملية نقص او زيادة احد التراكيز في المتفاعلات المتزنة احد الطرائق الصناعية او المختبرية لزيادة المنتوج لغا الامونيا
ملاحظة في حالة الاضافة يتجه التفاعل باتجاه الذي يقلل هذه الزيادة في حالة السحب يتجه باتجاه السحب لسد النقص
س/ وضح تأثير اضافة أحد المتفاعلات او النواتج على موضع الاتزان للتفاعل : $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$
ج/ في حالة الاضافة يتجه بالاتجاه الذي يقلل من الزيادة ان كان من المواد المتفاعلة يتجه بالاتجاه الامامي اي نحو النواتج وان كان الاضافة الى المواد الناتجة يتجه نحو المتفاعلات للتخلص من الزيادة (تفاعل خلفي)

تمرين (2-6) اثيل ايثانوات هي مذيب جيد يستخدم على سبيل المثال لازالة طلاء الاظافر يحضر من اضافة حامض الخليك الى كحول الايثانول $CH_3COOH + C_2H_5OH \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5 + H_2O$ اقترح بصفتك مهندس كيميائي كيف يمكنك زيادة المنتوج من اثيل ايثانوات بتغير التراكيز

الاجابة سحب من المادة الناتجة اثيل ايثانوات واضافة زيادة في تركيز احد المواد المتفاعلة او كلاهما يتجه التفاعل باتجاه المنتوج او التخلص من الزيادة حسب قاعدة لوشاتلية

س/ ما تأثير النقص او الزيادة بالضغط وما هي العلاقة بين الضغط والحجم ؟

$$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$$

1) اذا كان النظام المتزن مصحوب بنقص في الحجم وزيادة بالضغط نلاحظ قيمة $\Delta n_{(g)} = 2 - 3 = -1$ اي صاحب التفاعل نقص في الحجم الكلي وزيادة الضغط اذن يتجه التفاعل نحو النقص بالحجم اي باتجاه النواتج اما في حالة نقصان بالضغط وزيادة بالحجم فان التفاعل يتجه باتجاه عدد المولات الاكبر اي باتجاه المتفاعلات (تفاعل خلفي)

2) اذا كان النظام المتزن مصحوباً بزيادة في الحجم للتفاعل الآتي: $2NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)}$

ج/ نلاحظ في التفاعل ان قيمة ($\Delta n_{(g)} = 3 - 2 = 1$)اي التفاعل يصاحبه زيادة في الحجم الكلي (وهذا يحدث عندما يكون حجم النواتج اكبر من حجم المتفاعلات)
وعند زيادة الضغط يتجه نحو المولات الاقل اي باتجاه المتفاعلات (خلفي)
وعند نقصان بالضغط يتجه نحو المولات الأكبر اي باتجاه النواتج (امامي)

3) اذا كان النظام غير مصحوب بتغير في الحجم تكون قيمة $\Delta n_{(g)} = 0$ كما في التفاعل الآتي : $C_{(S)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)}$ لا يحدث تأثير بالحجم ولا يؤثر تغير الضغط او حجم الاناء على خليط الاتزان وبالتالي يبقى موضع الاتزان ثابتاً دون تغير .: **العلاقة عكسية بين الضغط والحجم بينما بين الحجم المولات علاقة طردية**

ويمكن الاختصار حسب الجدول الآتي :

التغير	انحراف الاتزان
زيادة الضغط	باتجاه الطرف ذي عدد المولات الغازية الاقل من غيرها
نقصان الضغط	باتجاه الطرف ذي عدد المولات الغازية الاكثر من غيرها
زيادة الحجم	باتجاه الطرف ذي عدد المولات الغازية الاكثر من غيرها
نقصان الحجم	باتجاه الطرف ذي عدد المولات الغازية الاقل من غيرها

س ماهي التفاعلات الحرارية وما تأثير درجة الحرارة

ج/ اولاً:- التفاعلات الماصة للحرارة **(ΔH=+) مولات النواتج > من مولات المتفاعلات**
اي طاقة النواتج > من طاقة المتفاعلات وتكون في حالة الزيادة بالحرارة التفاعل ماص وفي حالة نقصان الحرارة يكون التفاعل باعث للحرارة مثال على ذلك :

مثال/ وضح في حالة الزيادة والنقصان بالحرارة في التفاعل الاتي :

$$CaCO_{3(s)} + \text{طاقة} \rightleftharpoons CaO_{(g)} + CO_{2(g)}$$

اذن التفاعل ماص للحرارة (عند وجود الطاقة في المتفاعلات فالتفاعل ماص للحرارة) عند زيادة الحرارة فان التفاعل ينزاح باتجاه النواتج حيث تمتص كاربونات الكالسيوم جزءاً من هذه الحرارة لتكوين النواتج
اما عند تبريده فان التفاعل سوف ينزاح باتجاه تكوين $CaCO_3$ وانبعاث كمية حرارة تكافئ الحرارة التي خفض اليها التفاعل

ثانياً :-التفاعلات الباعثة للحرارة (ΔH= -) مولات النواتج < من مولات المتفاعلات
اي طاقة النواتج < من طاقة المتفاعلات وتكون في حالة الزيادة بالحرارة التفاعل ماص وفي حالة نقصان الحرارة يكون التفاعل باعث للحرارة مثال على ذلك :

مثال/ وضح في حالة الزيادة والنقصان بالحرارة في التفاعل الاتي :

$$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{2(g)}$$ + طاقة

عند تبريد التفاعل فان الاتزان ينزاح باتجاه النواتج لبعث كمية من الحرارة تكافئ جزءاً من الحرارة التي خفض ايها التفاعل ان قيمة(- =ΔH) وعند زيادة درجة الحرارة فان الاتزان ينزاح باتجاه المتفاعلات بامتصاص جزاً من الزيادة في الحرارة ويمكن تلخيص تأثير درجة الحرارة على حالة الاتزان الكيميائي وثابت الاتزان K_{eq} كما كما مبين في الجدول التالي :

التغير	تفاعل باعث للحرارة	تفاعل ماص للحرارة
زيادة درجة الحرارة	ينزاح نحو المتفاعلات وتقل قيمة K_{eq}	ينزاح نحو النواتج وتزداد قيمة K_{eq}
نقصان درجة الحرارة	ينزاح نحو النواتج وتزداد قيمة K_{eq}	ينزاح نحو المتفاعلات وتقل قيمة K_{eq}

*زيادة درجة الحرارة تفاعل ماص للحرارة (مولات النواتج اكبر من مولات المتفاعلات)

* نقصان(تبريد) درجة الحرارة فان التفاعل باعث للحرارة (مولات المتفاعلات اكبر من مولات النواتج)

س / ما تأثير أضافة العامل المساعد ؟ ج/ لا تؤثر على موضع الاتزان وقيمة ثابت الاتزان تؤدي زيادة سرعة التفاعل وصولاً الى حالة الاتزان ويؤثر على طاقة التنشيط

س/ ما تأثير العوامل المؤثرة على حالة الاتزان وقيمة ثابت الاتزان بثبوت درجة الحرارة؟

ينزاح موضع الاتزان ولا يؤثر على قيمة ثابت الاتزان اي النسبة بين النواتج والمتفاعلات تبقى ثابتة وقيمة K_{eq} تتغير فقط بتغير درجة الحرارة

ملاحظة / اذا كانت قيمة K_c كبيرة يكون اتجاه التفاعل نحو النواتج واذا كانت قيمته صغيره يكون اتجاه التفاعل نحو المتفاعلات اذن العلاقة K_c مع النواتج طردياً وعكسياً مع المتفاعلات

تمرين(2-7) للتفاعل المتزن الاتي $3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2O_{3(g)}$ $\boxed{\Delta H = 428KJ\ /\ mole}$

ما تأثير كل من العوامل الاتية على حالة الاتزان وثابت الاتزان ؟

1) زيادة الضغط على التفاعل وذلك بانقاص حجم الاناء
2) زيادة الضغط بإضافة مزيد من O_2 الى النظام
3) خفض درجة الحرارة
4) اضافة عامل مساعد

الاجابة / $\boxed{\Delta H = 428KJ\ /\ mole}$ $3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2O_{3(g)}$ التفاعل ماص للحرارة

$$\Delta n_g = 2 - 3 = -1 \Rightarrow$$

1) يتجه نحو النواتج(الاقل مولات)لا يتأثر K_{eq}
2) يتجه نحو النواتج (الاقل مولات) ولا تتأثر K_{eq}
3) يتجه نحو المتفاعلات(الاكثر مولات) ويصبح تفاعل باعث للحرارة وان K_{eq} تقل
4) لا يؤثر على اتجاه التفاعل ولا على K_{eq} اي يزيد من سرعة التفاعل وصولاً الى حالة الاتزان

تمرين(2-8) يصل مزيج الغازات C_2H_4 , H_2 , C_2H_6 الموضوعة في وعاء مغلق عند $25C^0$ الى حالة الاتزان كما في التفاعل الاتي

$$C_2H_{4(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons C_2H_{6(g)} + 137KJ/mole$$

صف عدد من الاجراءات التي تؤدي الى رفع كمية C_2H_6 الناتجة من هذا التفاعل

الاجابة:-

1)المحافظة على تراكيز غازي(H_2 , C_2H_4)عالي دائماً ويستمر التفاعل
2)سحب كمية منC_2H_6 تكون بشكل مستمر من خليط الاتزان
3)اضافة العامل المساعد للوصول الى حالة الاتزان بسرعة اكبر نحو (C_2H_6)
4) زيادة الضغط على اناء التفاعل او تقليل حجمه

اجوبة أسئلة الفصل الثاني

س(2-1) عرف ما يأتي

1- قانون فعل الكتلة ينص عند ثبوت درجة الحرارة فان سرعة التفاعل الكيميائي في أي اتجاهاً كان تتناسب طردياً مع التراكيز المولارية للمواد المتفاعلة كلاً منها مرفوع الى اس يمثل عدد المولات الموضوع امام كل مادة في المعادلة الكيميائية الموزونة .

2- حالة الاتزان الكيميائي هي حالة اتزان ديناميكي (حركي) وليست حالة اتزان استاتيكي (ساكن) تصل اليها اغلب التفاعلات الانعكاسية عندمنا تصبح معدل سرعة التفاعل بكلا الاتجاهين متساوية فتكون تراكيز المواد الناتجة والمتفاعلة عندها ثابتة دون تغير ما لم يحدث تغير على الظروف التي يتم عندها التفاعل لذا يبدو التفاعل في تلك الحالة قد توقف .

3- قاعدة لوشاتلية :-

اذا اثر مؤثر خارجي مثل تغير التركيز او الحجم او الضغط او درجة الحرارة على تفاعل ما في حالة الاتزان فان هذا التفاعل يتجه بالاتجاه الذي يقلل من تأثير ذلك المؤثر ليصل التفاعل الى حالة اتزان جديدة

س (2-2) املاء الفراغات في الجمل التالية بما يناسبها :

1- في التفاعل المتزن: $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + 92KJ$ فان خفض درجة الحرارة يؤدي الى زيادة تراكيز المواد (الناتجة لان التفاعل باعث للحرارة)

2- اذا كانت قيمة ثابت الاتزان K_C لنظام متزن عند $500C^0$ تساوي 2×10^{-15} وقيمة عند $200C^0$ تساوي 4×10^{-12} فان ذلك يدل على ان التفاعل (باعث للحرارة لان قيمة ثابت الاتزان تكبر أي تزداد تراكيز النواتج)

3- في التفاعل المتزن : $CO_{(g)} 2H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_3OH_{(g)} + 127KJ$ عندما يضاف الهيدروجين الى هذا النظام المتزن فان حرارة التفاعل (ترتفع)

4- في التفاعلات الانعكاسية الباعثة للحرارة يزاح موضع الاتزان نحوتكوين المواد المتفاعلة في التفاعل عند (ترتفع) درجة الحرارة

5- في التفاعل المتزن : $CO_{2(g)} + C_{(s)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)}$ فان (انخفاض) الضغط يزيد من استهلاك غاز CO_2

6- في التفاعل المتزن : $N_{2(g)} + O_{2(g)} + 180KJ \rightleftharpoons 2NO_{(g)}$ فان رفع درجة الحرارة لاناء التفاعل يعمل على (زيادة) قيمة K_C للتفاعل

7- التغير (بالضغط)لا يؤثر على حالة الاتزان للتفاعل المتزن الاتي : $N_{2(g)} + O_{2(g)} + 180KJ \rightleftharpoons 2NO_{(g)}$

8- للتفاعل المتزن : $Cl_{2(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl_{(g)} +$ طاقة يمكن زيادة تركيز HCl الناتج عند (خفض) الحرارة للتفاعل

9- في التفاعل المتزن $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$ وبدرجة حرارة معينة اذا كانت قيمة K_P للتفاعل تساوي=8 والضغط الجزئي لغاز NO_2 عند الاتزان يساوي 0.4atm والضغط الجزئي لغاز N_2O_4 عند الاتزان يساوي (0.02atm)

10- في التفاعل المتزن الاتي : $4NH_{3(g)} + 3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2N_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$ بدرجة حرارة معينة وجد K_C للتفاعل = 1×10^{28} فهذا يدل على ان موضع الاتزان يقع في اتجاه تكوين (النواتج)

11- عند زيادة الضغط الكلي على حالة اتزان لتفاعل فيه عدد المولات للغازات المتفاعلة اصغر من عدد مولات الغازات الناتجة فان موضع الاتزان ينحرف باتجاه (المتفاعلات)

12- العلاقة بين ثابت الاتزان K_C وتراكيز النواتج علاقة (طردية)

13 - تفاعل متزن ثابت اتزانه $K_C = 4$ فعند سحب النواتج من خليط الاتزان فان ثابت الاتزان (لايتأثر)

14- يترجح التفاعل (الخلفي) لتفاعل متزن ماص للحرارة عند تبريد اناء التفاعل

15- في التفاعلات الماصة للحرارة والتي هي حالة اتزان ديناميكي تزداد تراكيز المواد الناتجة عند (زيادة) درجة الحرارة

س(2-3) يتفكك غاز N_2O_4 الى NO_2 في اناء مغلق حجمه لتر واحد وكان ضغط الغاز قبل التفكك 2atm وبدرجة حرارة معينة وصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد ان الضغط الكلي لخليط الاتزان = 3atm احسب K_P للتفاعل

$$\begin{pmatrix} N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)} \\ 2atm \quad\quad 0 \\ -X \quad\quad +2X \\ 2-X \quad\quad +2X \end{pmatrix} \Rightarrow \boxed{\begin{array}{l} P_T = P(N_2O_4) + P(NO_2) \Rightarrow \\ 3atm = 2 - X + 2X \Rightarrow 3atm = 2 + X \\ X = 3 - 2 = 1atm \\ P(N_2O_4) = 2 - 1 = 1atm \Leftrightarrow P(NO_2) = 2\times1 = 2atm \end{array}}$$

$$K_P = \frac{P^2(NO_2)}{P(N_2O_4)} \Rightarrow K_P = \frac{(2)^2}{1} = 4$$

س(2-4) اختر الجواب الصحيح

1- التفاعل المتزن $CaCO_{3(S)} \rightleftharpoons CaO_{(S)} + CO_{2(g)}$ يتم في وعاء مغلق فان كمية $CaCO_3$ تزداد عندما : آ- تزال كمية من غاز CO_2 من التفاعل عند الاتزان ب- يزداد الضغط الكلي

ج- تضاف كمية من CaO الى خليط الاتزان د- كل الاجابات السابقة خاطئة الاختيار ب

2- التفاعل المتزن $I_{2(g)} + F_{2(g)} \rightleftharpoons 2IF_{(g)}$ ثابت الاتزان $K_P = 1\times10^6$ بدرجة حرارة 200K فاذا كان الضغط الجزئي عند الاتزان 0.2atm لغاز IF و 4×10^{-3} لغاز F_2 فان الضغط الجزئي لغاز I_2 يساوي : آ- $5\times10^4 atm$ ب- $1\times10^{-5} atm$ ج- $1\times10^5 atm$

د- كل الاجابات السابقة خاطئة (الاختيار (ب)

س(2-5) علل ما يأتي

1- في التفاعل الافتراضي المتزن:طاقة $A_{(g)} \rightleftharpoons B_{(g)}$ لا تتغير حرارة اناء التفاعل عند زيادة الضغط الكلي

2 - قيمة ثابت الاتزان للتفاعلات غير الانعكاسية تكون كبيرة جداً

3 - يعد التفاعل باعثاً للحرارة اذا أنخفضت قيمة K_C للتفاعل عند زيادة درجة حرارة التفاعل

4 - قيمة K_C تزداد عند رفع درجة حرارة التفاعل في حالة التفاعلات الماصة للحرارة

5- تتوقف بعض التفاعلات تماماً بينما تظهر تفاعلات اخرى وكأنها متوقفة

6- لايمكن اضافة الماء مباشرة لازالة SO_3 في برج التلامس .

التفاعل عند اضافة SO_2 الى خليط الاتزان الاجابة:-

1) لان عدد المولات متساوي في المتفاعلات والنواتج فلا يؤثر على حالة الاتزان ولن تتغير درجة الحرارة اي كمية الحرارة الممتصة = كمية الحرارة المكتسبة

2) لأنها تفاعلات تامة تستهلك فيها احد او جميع المواد المتفاعلة الى نواتج اي كمية الناتج كبيرة جداً لذا تكون قيمة ثابت الاتزان كبيرة جداً

3) سيتجه التفاعل باتجاه المتفاعلات مما يزيد من تراكيزها ويقلل من تراكيز النواتج

4) عند رفع درجة الحرارة فالتفاعل سيتجه بالاتجاه الامامي للتخلص من الحرارة الفائضة اي يتجه نحو النواتج وتزداد تراكيزها ويقل تركيز المواد المتفاعلة

5) التفاعلات التي تتوقف هي تفاعلات تامة لأنه يحدث استهلاك تام لأحد او جميع المواد المتفاعلة استهلكت لتكوين النواتج بينما الثانية فهي تفاعلات مستمرة باتجاهين وصلت الى حالة اتزان ديناميكي (حركي)وليست حالة اتزان استاتيكي (ساكن)اي التفاعل الامامي والخلفي بالمقدرة ذاتها

6) لان عند خلطها يتكون ضباب من حامض الكبريتيك المركز لا يمكن تكثيفه وتحويلها الى سائل بسهولة كما يعتبر هذا الضباب ملوثاً خطيراً كما في التفاعل $SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$

س(1-6) ثابت الاتزان لتفاعل ما عند $25C^0$ يساوي 1×10^{-5} و ΔS^0_r للتفاعل نفسه يساوي $-0.5KJ/K.mol$ احسب ΔH^0_r للتفاعل

$$\Delta G^0_r = -RT\ln K_{eq} \Leftrightarrow \Delta G^0_r = -8.314(J/\cancel{K}.mol)\times(298\cancel{K}\times 1\times10^{-5})$$
$$\Delta G^0_r = -8.314(J/mol)\times298(2.303\log1\times10^{-5})$$
$$\Delta G^0_r = -8.314(J/mol)\times298(-11.515)$$
$$\Delta G^0_r = 8.314(J/mol)(3431.47) = 28529.24J/mol$$

تحويل وحدات طاقة كبس الحرة القياسية الى كيلو جول بالقسمة على 1000

$$\Delta G^0_r = 28529.24\cancel{J}/mol\times\frac{1KJ}{1000\cancel{J}} = 28.52924KJ/mol$$
$$\Delta G^0_r = \Delta H^0_r - T\Delta S^0_r \Leftrightarrow 28.53 = \Delta H^0_r - (298\cancel{K}\times(-0.5KJ/\cancel{K}.mol))$$
$$28.53 = \Delta H^0_r + 149KJ/mol \Leftrightarrow \Delta H^0_r = 28.53 - 149$$
$$\Delta H^0_r = -120.47KJ/mol$$

س (2-7) للتفاعل الغازي الباعث للحرارة $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$ كيف تتغير حالة الاتزان ولماذا

1- عند زيادة الضغط المسلط على التفاعل المتزن 2- رفع درجة حرارة اناء التفاعل

2- سحب غاز N_2O_4 المتكون عند الاتزان .الاجابة:-

1) عند زيادة الضغط المسلط على التفاعل المتزن يتجه نحو النواتج الأقل مولات

2)رفع درجة حرارة أناء التفاعل يتجه نحو المتفاعلات (عكسي)

3) سحب غاز N_2O_4 يتجه نحو النواتج لسد النقص المسحوب من N_2O_4

س(2-8) التفاعل الغازي المتزن الاتي : $PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$ انثالبي التفاعل تساوي $92.5(KJ/mol)$ ما تأثير كل من العوامل التالية على حالة الاتزان وثابت الاتزان

1- خفض درجة الحرارة 2- اضافة زيادة من Cl_2 الى خليط الاتزان 3- سحب PCl_3 من خليط الاتزان

4- زيادة الضغط على خليط الاتزان 5- اضافة عامل مساعد

الاجابة:- بما ان التفاعل ماص للحرارة فان

1) خفض درجة الحرارة يتجه التفاعل نحو المتفاعلات (باعث للحرارة) وتقل كمية K_{eq}

2) يتجه نحو المتفاعلات (عكسي) للتخلص من الزيادة ولا يتأثر K_{eq}

3) يتجه نحو النواتج (أمامي) لسد النقص من التفكك PCL_5 والتفاعل ماص للحرارة ولا يتأثر K_{eq}

4) يتجه نحو اقل مولات وهي المتفاعلات PCL_5

5) يزيد من سرعة التفاعل وصولا إلى حالة الاتزان وبزمن اقل ولكن موضع الاتزان لا يتأثر و K_{eq} ثابتة

س(2-9) التفاعل المتزن الاتي : $2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$ انثالبي التفاعل تساوي $-198.2KJ$ – ماذا يحدث تراكيز (SO_3, O_2, SO_2) عند الاتزان بعد: 1- زيادة درجة حرارة التفاعل
2- تقليل الضغط المسلط على التفاعل 3- زيادة تركيز SO_2 في خليط الاتزان 4- اضافة عامل مساعد

الاجابة:- بما ان التفاعل باعث للحرارة فان
1) سيتجه التفاعل بالاتجاه الخلفي فتزداد تراكيز المتفاعلات وتقل تراكيز النواتج
2) سيتجه التفاعل بالاتجاه الخلفي صاحب عدد المولات الاكبر مما سيزيد من المتفاعلات وتقليل النواتج
3)سيتجه التفاعل بالاتجاه الامامي للتخلص من الكمية الزائدة مما يزيد من النواتج ويقلل المتفاعلات 4) لا يتأثر

س(2-10) للتفاعل المتزن الباعث للحرارة $2PbS_{(S)} + 3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2PbO_{(S)} + 2SO_{2(g)}$ وضح تأثير كل من العوامل الاتية على حالة الاتزان وقيمة ثابت الاتزان
1- خفض الضغط المسلط على التفاعل 2- تبريد اناء التفاعل

الاجابة:-: للتفاعل المتزن الغازي الباعث للحرارة $2PbS_{(S)} + 3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2PbO_{(S)} + 2SO_{2(g)}$
1) خفض الضغط يتجه نحو المولات الأكبر أي باتجاه المتفاعلات (خلفي) ولا يتأثر الثابت
2)يتجه نحو النواتج (أمامي) نحو الأقل مولات مما يزيد النواتج فتزداد قيمة الثابت

س(2-11) عند تسخين غاز NOCl النقي الى درجة معينة في اناء مغلق حجمه لتر يتحلل حسب المعادلة $2NOCl_{(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} + Cl_{2(g)}$ وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان الضغط الكلي لمزيج الاتزان يساوي 1atm والضغط الجزئي لغاز NOCl يساوي 0.4atm احسب 1- الضغوط الجزئي NOCl قبل التحلل 2- ثابت الاتزان K_P للتفاعل عند نفس درجة الحرارة . ج : $(1)0.12atm, 0.24atm (2) 4\times10^{-4}$

الاجابة :- بما ان الحجم واحد لتر فان المولارية تساوي عدد المولات

المعطيات	$2NOCl_{(g)}$ ⇌	$2NO_{(g)}$ +	$Cl_{2(g)}$
الضغوط الابتدائية	y	0.0	0.0
التغير بالضغط	-2X	+2X	+X
الضغط عند الاتزان	y − 2X	+2X	+X
المتكون(المستخرج)	0.4	0.4	0.2

$$P_T = P_{NOCl} + P_{NO} + P_{Cl} \Rightarrow 1 = 0.4 + 2X + X \Rightarrow 1 = 0.4 + 3X$$

$$1 - 0.4 = 3X \Leftrightarrow 3X = 0.6 \Rightarrow X = \frac{0.6}{3} = 0.2atm$$

$$P(NOCl) = y - 2X = 0.4 \Rightarrow y - 2(0.2) = 0.4 \Rightarrow y = 0.4 + 0.4 = 0.8atm = P_{NOCl}$$

وبالتعويض قيمة $X = 0.2$ بالضغط عند الاتزان

$$P_{NO} = 2X \Rightarrow P_{NO} = 2(0.2) \Rightarrow P_{NO} = 0.4(atm)$$

$$P_{Cl_2} = X \Rightarrow P_{Cl_2} = 0.2(atm) \Rightarrow K_P = \frac{P^2_{NO} P_{Cl_2}}{P^2_{NOCl}}$$

$$K_P = \frac{(0.4)^2 (0.2)}{(0.4)^2} = 0.2$$

س(2-12) التفاعل التالي يجري بدون عامل مساعد $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$ وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان الضغوط الجزيئية $P_{NO_2} = 1.6atm$ و $P_{N_2O_4} = 0.4atm$ عند درجة حرارة $100C^0$

احسب -1 K_P للتفاعل -2 ماذا يحدث للضغوط الجزيئية للغازات في خليط الاتزان بعد اضافة العامل المساعد

(1 $\begin{pmatrix} N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)} \\ 0.4 \quad\quad 1.6 \end{pmatrix} \Rightarrow K_P = \frac{P^2_{NO_2}}{P_{N_2O_4}} \Rightarrow K_P = \frac{(1.6)^2}{0.4} = \frac{2.56}{0.4} = 6.4$

2) لا يؤثر لانه يؤثر على طاقة التنشيط

س(2-13) للتفاعل المتزن $A_{(g)} \rightleftharpoons 2B_{(g)}$ من خلال الجدول التالي احسب K_C للتفاعل بدرجات الحرارة المختلفة ثم بين هل التفاعل ماص ام باعث للحرارة

	$A(mole/L)$	$B(mole/L)$	درجة الحرارة / C^0
(1	0.01	0.8	127
(2	0.1	0.7	227

الاجابة:-

$$1) K_{C_1} = \frac{[B]^2}{[A]} \Rightarrow K_C = \frac{(0.8)^2}{0.01} \Rightarrow K_C = \frac{0.64}{0.01} = 64$$

$$2) K_{C_2} = \frac{[B]^2}{[A]} \Rightarrow K_C = \frac{(0.7)^2}{0.1} \Rightarrow K_C = \frac{0.49}{0.1} = 4.9$$

التفاعل باعث للحرارة لان قيمة ثابت الاتزان تنخفض عند زيادة درجة الحرارة

س(2-14)للتفاعل الافتراضي $A + aB \rightleftharpoons 2C$ وضع 2mole من A و5mole من B في اناء حجمه لتر و بدرجة حرارة معينة وصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد ان ما استهلك من A مول واحد وما تبقى من B 2mole احسب K_C للتفاعل ج / 0.5 الاجابة: -

كتابة المعادلة الموزونة	المتفاعلات		النواتج
	A	aB	2C
التراكيز الابتدائية	2	5	0
التغير بالتراكيز	$-X$	$-aX$	
التراكيز عند الاتزان	$2-X$	$5-aX=2$	$2X$

وبالتعويض قيمة X حالة اتزان aB $[A] = 2 - X = 1 \Rightarrow X = 2 - 1 = 1mole/L$

$$[B] = 5 - a(1) = 2 \Rightarrow a = 5 - 2 = 3 \quad \Leftrightarrow \quad K_C = \frac{[C]^2}{[A][B]^3} = \frac{(2)^2}{1(2)^3} = 0.5$$

س(15-2) للتفاعل المتزن $NiO_{(S)} + CO_{(g)} \rightleftharpoons Ni_{(S)} + CO_{2(g)}$ بدرجة حرارة $727C^0$ وصل التفاعل حالة الاتزان فوجد ان ضغط غاز CO في الفرن يساوي 304Torr والضغط الكلي يساوي 1atm ما ثابت الاتزان K_P للتفاعل (معلومة $1atm = 760Torr$) ج / 1.5 تحويل TOrr الى atm

$$P_{(atm)} = 304(Torr) \times \frac{1(atm)}{760(Torr)} = 0.4(atm)$$

$$\begin{pmatrix} NiO_{(S)} + CO_{(g)} \rightleftharpoons Ni_{(S)} + CO_{2(g)} \\ 0 \quad 0.4 \quad 0 \quad X \end{pmatrix} \Rightarrow P_T = P_{CO} + P_{CO_2}$$

$$\Rightarrow \boxed{P_{CO_2} = 1 - 0.4} \Rightarrow P_{CO_2} = 0.6(atm) \Rightarrow K_P = \frac{P_{CO_2}}{P_{CO}} \Rightarrow K_P = \frac{0.6}{0.4} = 1.5$$

س(16-2) في التفاعل المتزن $PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons PCl_{5(g)}$ وجد انه ضغط الجزئي PCl_3 في الاناء المغلق ضعف ضغط Cl_2 الجزئي وعند وصول التفاعل الى موضع الاتزان بدرجة حرارة معينه وجد ان ضغط Cl_2 يساوي 1atm فاذا علمت ان K_P للتفاعل يساوي $1/2$ فما ضغط غازي Cl_2 و PCl_3 في بداية التفاعل

الاجابة:-

المعطيات	$PCl_{3(g)}$	$+ Cl_{2(g)}$	$\rightleftharpoons PCl_{5(g)}$
الضغوط الابتدائية	2y	y	0.0
التغير بالضغوط	-X	-X	+X
الضغوط عند الاتزان	2y-X	y-x	X

حالة الاتزان = المتكون من Cl_2

$$y - X = 1 \Rightarrow \boxed{X = y - 1} \Rightarrow P_{PCl_3} = 2y - X \Rightarrow P_{PCl_3} = 2y - (y-1)$$

$$P_{PCl_3} = 2y - y + 1 = (y+1) \Rightarrow P_{PCl_5} = X \Rightarrow P_{PCl_5} = (y-1)$$

$$K_P = \frac{P_{PCl_5}}{P_{PCl_3} P_{PCl_2}} \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{(y-1)}{(y+1)(1)} \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{(y-1)}{(y+1)} \Rightarrow 2y - 2 = y + 1$$

$$\boxed{\begin{array}{l} 2y - y = 1 + 2 \Rightarrow y = 3(atm) \Rightarrow P_{PCl_3} = 2y \\ \Rightarrow P_{PCl_3} = 2(3) = 6(atm) \Rightarrow P_{Cl_2} = y \Leftrightarrow P_{Cl_2} = 3(atm) \end{array}}$$

س(17-2) للتفاعل المتزن $CO_{2(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_2O_{(g)}$ وفي اناء حجمه لتر واحد تم خلط مولات متساوية من CO_2 و H_2 وبدرجة حرارة 2000K وصل التفاعل حالة الاتزان فوجد ان عدد المولات الكلية لخليط الغازات عند الاتزان تساوي 3mole ما تراكيز خليط الاتزان علماً بان ثابت الاتزان K_C يساوي 4؟

الاجابة :- بما ان الحجم واحد لتر ∴ **المولارية تساوي المولات**

المعطيات	$CO_{2(g)}$ +	$H_{2(g)}$ ⇌	$CO_{(S)}$ +	$H_2O_{(g)}$
التراكيز الابتدائية	y	y	0	0
التغير بالتراكيز	$-X$	$-X$	$+X$	$+X$
التراكيز عند الاتزان	$y-X$	$y-X$	$+X$	$+X$
المتكون عند الاتزان	$1.5-X$	$1.5-X$	$+X$	$+X$

$$n_T = n_{CO_2} + n_{H_2} + n_{CO} + n_{H_2O} \Leftrightarrow 3mole = y - X + y - X + X + X$$

$$3mole = 2y - \cancel{2X} + \cancel{2X} \Leftrightarrow 3mole = 2y \Rightarrow y = \frac{3}{2} = 1.5(mole)$$

$$[CO_2] = [H_2] = y - X \Rightarrow [CO_2] = [H_2] = 1.5 - X$$

$$K_c = \frac{[CO][H_2O]}{[CO_2][H_2]} \Rightarrow 4 = \frac{(X)^2}{(1.5-X)^2} \text{ الجذر } \Rightarrow 2 = \frac{(X)}{(1.5-X)} \Rightarrow$$

نعوض قيمة X في حالة الاتزان

$$X = 3 - 2X \Rightarrow X + 2X = 3 \Rightarrow 3X = 3 \Rightarrow X = \frac{3}{3} = 1$$

$$[CO_2] = [H_2] = 1.5 - X \Rightarrow [CO_2] = [H_2] = 1.5 - 1 = 0.5(mole/L)$$

$$[CO_2] = [H_2] = X \Rightarrow [CO_2] = [H_2] = 1(mole/L)$$

س(18-2) وضع 4g من غاز HF في وعاء مغلق حجمه 2L عند درجة حرارة $27C^0$ وترك في الوعاء المغلق يتفكك حتى تم الاتزان الكيميائي حسب المعادلة الاتية $2HF_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + F_{2(g)}$ فاذا كان K_P للتفاعل يساوي 1.21 احسب الضغط الجزئي لغاز HF عند الاتزان علماً بان الكتلة المولية للغاز تساوي 20g / mol ج/ 0.76atm

$$n(mole) = \frac{m(g)}{M(g/mole)} \Rightarrow n(mole) = \frac{\cancel{4}^{1}(\cancel{g})}{\cancel{20}^{5}(\cancel{g}/mole)} = 0.20(mole)$$

$$T(K) = tC^0 + 273 \Rightarrow T(K) = 27 + 273 = 300K$$

$$PV = nRT \Rightarrow P = \frac{nRT}{V} \Rightarrow P = \frac{\cancel{0.2}^{0.1} \times 0.082 \times 300}{\cancel{2}} \Rightarrow P = 2.46(atm)$$

المعطيات	$2HF_{(g)}$ ⇌	$H_{2(g)}$ +	$F_{2(g)}$
الضغوط الابتدائية	2.46	0.0	0.0
التغير بالضغوط	$-2X$	$+X$	$+X$
الضغوط عند الاتزان	$2.46-2X$	$+X$	$+X$

$$K_P = \frac{P_{H_2} P_{F_2}}{P^2_{HF}} \Rightarrow 1.21 = \frac{X^2}{(2.46 - 2X)^2}$$

جذر طرفي المعادلة

$$1.1 = \frac{X}{2.46 - 2X} \Rightarrow X = 2.706 - 2.2X \Rightarrow X + 2.2X = 2.706$$

$$3.2X = 2.706 \Rightarrow X = \frac{2.706}{3.2} \Rightarrow X = 0.85(atm)$$

تعويض قيمة X في الضغوط

$$P_{HF} = 2.46 - 2(0.85) \Rightarrow P_{HF} = 2.46 - 1.7 \Rightarrow P_{HF} = 0.76(atm)$$

س(2-19) اذا كانت درجة تفكك مول واحد N_2O_4 الى NO_2 هي 20% عند درجة حرارة $27C^0$ وضغط 1atm وفي اناء حجمه لتر واحد احسب قيمة K_C للتفاعل (معلومة درجة التفكك تساوي الجزء الى الكل مضروباً في 100

$$(\%N_2O_4) = \frac{\text{المتفكك}}{\text{التركيز الابتدائي}} \times 100\%$$

$$20 = \frac{X}{1} \times 100 \Rightarrow 100X = 20 \Rightarrow X = \frac{20}{100} \Rightarrow X = 0.2(mole/L)$$

المعطيات	$N_2O_{4(g)}$	$\rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$
التراكيز الابتدائية	1	0.0
التغير في التراكيز	$-X$	$+2X$
التراكيز عند الاتزان	$1-X$	$2X$
المتكون	$1-0.2$ 0.8	$2(0.2)$ 0.4

$$K_C = \frac{[NO_2]^2[O_2]}{[N_2O_4]} \Rightarrow K_C = \frac{(0.4)^2}{0.8} \Rightarrow K_C = \frac{0.16}{0.8} = 0.2$$

س(2-20) للتفاعل الاتي الماص للحرارة $C_2H_{6(g)} \rightleftharpoons C_2H_{4(g)}$ وضعت مولات من C_2H_6 في اناء حجمه لتر وبدرجة حرارة معينة وصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد ان ربع كمية الغاز قد استهلكت فاذا علمت ان ثابت الاتزان $K_C = \frac{1}{2}$ للتفاعل جد تراكيز خليط الاتزان ؟ ج / $C_2H_4 = H_2 = 1.5mole; C_2H_6 = 4.5mole/L$

الاجابة

كتابة المعادلة الموزونة	المتفاعلات	النواتج	
	C_2H_6	C_2H_4	H_2
التراكيز الابتدائية	y	0	0
التغير بالتراكيز	$-X$	$+X$	$+X$
التراكيز عند الاتزان	$y-X$	$+X$	X

$$\frac{1}{4}y = X \Leftrightarrow \boxed{y = 4X} ------1$$

$$[C_2H_6] = y - X \Rightarrow 4X - X = 3X \Leftrightarrow K_C = \frac{[C_2H_4][H_2]}{[C_2H_6]} \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{(X)^2}{3X}$$

$$2X^2 = 3X \Rightarrow 2X = 3 \Rightarrow X = \frac{3}{2} = 1.5mole/L$$

$$[C_2H_4] = [H_2] = X = 1.5mole/L \cdots [C_2H_6] = 3X = 3(1.5) = 4.5mole/L$$

س(2-21) للتفاعل الاتي $2C_{(s)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)}$ سخنت كمية كافية من الكاربون بوجود الاوكسجين الذي كان تحت ضغط 1.4atm في وعاء حجمه لتر وعند درجة حرارة معينه وصل التفاعل حالة الاتزان فوجد ان ضغط غاز CO عند الاتزان = 0.8atm جد K_P للتفاعل ؟ ج / 0.64 الاجابة :-

كتابة المعادلة الموزونة	المتفاعلات O_2	النواتج $2CO$
التراكيز الابتدائية	1.4	0
التغير بالتراكيز	$-X$	$+2X$
التراكيز عند الاتزان	$1.4 - X$	$+2X = 0.8$

$$+2X = 0.8 \rightarrow X = 0.4 \rightarrow P_{O_2} = 1.4 - 0.4 = 1atm$$

$$K_P = \frac{P^2_{CO}}{P_{O_2}} = \frac{(0.8)^2}{1} = 0.64$$

س(2-22) للتفاعل المتزن الاتي : $2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$ وجد ان خليط الاتزان بدرجة حرارة $25C^0$ يحتوي على $[SO_3] = 0.002mole/L$ و $[SO_2] = 0.08mole/L$ و $[O_2] = 0.01mole/Lmole/L$ عند تبريد التفاعل الى $10C^0$ وجد ان $K_C = 4$ للتفاعل بين هل التفاعل باعث ام ماص للحرارة

$$K_C = \frac{[SO_2]^2[O_2]}{[SO_3]^2} = \frac{(0.08)^2(0.01)}{(0.002)^2} = \frac{64 \times 10^{-6}}{4 \times 10^{-6}} = 16$$

عند خفض درجة الحرارة قلت قيمة الثابت أي اتجاه التفاعل الباعث للحرارة

س(2-23) اذا علمت ان ثابت التأين الذاتي للماء عند درجة حرارة $25C^0$ وضغط 1atm تساوي 1×10^{-14} احسب قيمة ΔG^0 للتأين $H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$ ج / 79881J/mole

الاجابة:- $\Delta G^0 = -RT\ln K_{eq} \Rightarrow \Delta G^0 = -(8.314\times298)\ln10^{-14}$

$$\Delta G^0 = -2477.572\times(2.3\log10^{-14}) \Rightarrow \Delta G^0 = -2477.572\times(-32.2)$$

$$\Delta G^0 = 79867.48 J/mole$$

س (2-24) مهم في التفاعل الغازي الاتي $3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$ وضعت كميات مختلفة من H_2 و N_2 في اناء سعته لتر وعند وصول التفاعل لحالة الاتزان وجد ان ما استهلك من H_2 يساوي 0.3mole وما تبقى من N_2 يساوي 0.2mole ما عدد مولات كل من (N_2, H_2) قبل التفاعل علماً بان $K_C = 200$

$$[N_2] = 0.3mole/L, [H_2] = 0.4mole/L$$

الاجابة:- بما ان الحجم يساوي لتر واحد اذن المولارية = عدد المولات

المعطيات	$3H_{2(g)} + N_{2(g)}$	$\rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$	$K_C=200$
التراكيز المولارية	$3[H_2]$	$[N_2]$	$[2NH_3]$
التراكيز الابتدائية	A	B	0.0
حالة التغير	-3X	-X	+2X
حالة الاتزان التراكيز عند الاتزان مجددا	A-3X (A-3×0.1) A-0.3	B-X 0.3-0.1= 0.2	+2X

المستهلك = حالة التغير $X = \frac{0.3}{3} = 0.1 mole/L$ $3X = 0.3 \Rightarrow$ وبالتعويض عند حالة الاتزان

التركيز N_2 عند الاتزان= ما تبقى من غاز N_2

$$B - X = 0.2 \Rightarrow B = 0.2 + X \Rightarrow B = 0.2 + 0.1 = 0.3 mole/L$$

$$K_C = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3[N_2]} \Rightarrow 200 = \frac{[0.2]^2}{[A-0.3]^3[0.2]} \Rightarrow 2000^{1000} = \frac{2^1}{[A-0.3]^3}$$ الجذر

$$10 = \frac{1}{[A-0.3]} \Rightarrow 1 = 10A - 3 = 10A = 1 + 3 \Rightarrow 10A = 4 \Rightarrow A = \frac{4}{10} \Rightarrow A = 0.4 mole/L$$

س(2-25) ما العلاقة بين ظاهرة الاحتباس الحراري وزيادة كمية غاز NO في الهواء الجوي ؟

هي ظاهرة وجود غاز NO بنسبة كبيرة في الجو الامر الذي يسبب ارتفاع درجة حرارة الارض والمحافظة على دوام ارتفاعها وبقائها دون النفوذ الى الفضاء الخارجي

س(2-26)في التفاعل الغازي الاتي عند درجة حرارة معينة $2NO + O_2 \rightleftharpoons 2NO_2$ وضعت مولات مختلفة من NO و O_2 في اناء التفاعل حجمه لتر وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان المتكون من NO_2 يساوي 0.8mole وتركيز كل من O_2 و NO متساويان و $K_C = 10$ جد عدد مولات O_2 و NO قبل بدء التفاعل

ج / 1.2mole, 0.8mole

كتابة المعادلة الموزونة	المتفاعلات		النواتج
	$2NO$	O_2	$2NO_2$
التراكيز الابتدائية	y	Q	0
التغير بالتراكيز	$-2X$	$-X$	$+2X$
التراكيز عند الاتزان	$y-2X=A$	$Q-X=A$	$2X=0.8$

$$K_C=\frac{[NO_2]^2}{[O_2][NO]^2}\Rightarrow 10=\frac{(0.8)^2}{(A)^3}\Rightarrow 10A^3=0.64\rightarrow A^3=\frac{0.64}{10}=0.064$$

$\rightarrow A=0.4mole$ ثم التعويض في التراكيز عند الاتزان نحصل على مولات غازي O_2 و NO من

$$[NO]=y-2(0.4)=0.4\rightarrow y=0.4+0.8=1.2mole$$

$$[O_2]=Q-X=A\Rightarrow Q-0.4=0.4\rightarrow Q=0.8mole$$

الفصل الثالث

3 الاتزان الايوني
Ionic Equilibrium



(الكيمياء للصف السادس العلمي)

الفصل الثالث الاتزان الأيوني(التطبيقي)

تعاريف - تعاليل - قوانين – خطوات حل الاسئلة

حلول امثلة وتمرينات الكتاب وأسئلة الفصل الثالث

واسئلة اضافية خارجية (وزارية)

اعداد الأستاذ
رحيم عبد جواد الأعاجيبي
اعدادية الرميثة للبنين
رقم الهاتف(07804010634)

المواد الالكتروليتية والمواد غير الالكتروليتية :-

المحلول المائي / هو مزيج متجانس ناتج من ذوبان مادة (المذاب Solute) في الماء (المذيب Solvent)

اصناف المواد الالكتروليتية هي:-

اولاً:- الالكتروليتات القوية / هي المحاليل الناتجة عن ذوبان الالكتروليتات في الماء ومحاليها عالية التوصيل للكهربائية بسبب تفككها التام في محاليها المائية الى ايونات الامثلة عليها هي حامض الهيدروكلوريك HCl وكلوريد الصوديوم NaCl وكبريتات الصوديوم Na_2SO_4 ونترات البوتاسيوم KNO_3 وحامض الكبريتيك H_2SO_4 وكلوريد الامونيوم NH_4Cl كما في المعادلات الاتية:

$$H_2SO_4 \rightarrow 2H^+_{(aq)} + SO_4^-{}_{(aq)} \ / \ HCl \rightarrow H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

$$KNO_3 \rightarrow K^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$$

س محاليل الالكتروليتات القوية القابلية على التوصيل الكهربائية

ج/ بسبب تفككها التام في محاليها المائية الى ايونات موجبة وسالبة التي تكون هي المسؤولة عب التوصيل

ثانياً:- الالكتروليتات الضعيفة / هي محاليل الناتجة عن ذوبان الالكتروليتات في الماء محاليل ضعيفة التوصيل للكهربائية لكونها تتأين بشكل جزئي (محدود) في محاليها المائية ومن الامثلة عليها الامونيا وحامض الكاربونيك والاملاح الشحيحة

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$

كما في المعادلات الاتية : $$NH_{3(g)} + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$AgCl_S \rightleftharpoons Ag^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

س محاليل الالكتروليتات الضعيفة القابلية الضعيفة على التوصيل الكهربائية

ج/ لكونها تتأين بشكل جزئي (محدود) في محاليها الى الايونات الموجبة والسالبة والتي تكون ضعيفة التوصيل

س علامة تعتمد المواد الالكتروليتية قابليتها الكهربائية

1- طبيعة الايونات المكونة لها 2- تركيز الايونات 3- درجة حرارة المحلول

س علل المحاليل الالكتروليتية متعادلة

ج/ لان محصلة شحنتها تساوي صفر

المواد غير الالكتروليتية/ هي المواد التي لها القابلية على الذوبان في الماء ولكن لا تتفكك الى ايونات موجبة وسالبة وعلية لا توصل التيار الكهربائي مثل السكر (والسكروز)

الاتزان الايوني / توازن ديناميكي حركي يحصل بين المواد الداخلة بالتفاعل والايونات المتفككة منه ويمثل حاصل ضرب تراكيز النواتج الايونية مقسومة على تراكيز المواد المتفاعلة وكل منها مرفوع لأس يمثل عدد المولات في معادلة الاتزان عند ثبوت درجة الحرارة

ملاحظة / يمكن حساب التركيز المولاري في المحاليل المخففة من معرفة الكتل المولية لها وتحويل الحجم من الملي لتر الى اللتر بالقسمة على 1000 واستخدام القانون التالي:

$$M(mole/L) = \frac{m(g)}{M(g/mole)} \times \frac{1}{V(L)}$$

اولاً:- كيف يتم حساب الالكتروليتات القوية (حامض و قاعدة و ملح)؟

1- جمع الحجوم ونحصل على حجم جديد يجب ان نستخرج تراكيز الالكتروليتات الجديد ولكل منهما باستخدام قانون التخفيف $(M_1V_1 = M_2V_2)$ **نحصل على تركيز** $\boxed{[H^+],[OH]}$

2- كتابة المعادلات كل محلول على حدى مثل $HCl, NaOH$ **كما مبين :**

$\left(\begin{array}{l} HCl \rightarrow H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} \\ NaOH \rightarrow Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \end{array}\right)$ ثم نقارن بين $[H^+],[OH]$ الاكبر هو الفائض الحامض او القاعدة

وحسب القوانين الاتية: $[OH^-]=[OH^-]-[H^+]$ / $[H^+]=[H^+]-[OH^-]$ او

ثم نستخرج $POH=-\log[OH^-]$ / $PH=-\log[H^+]$ في حالة التراكيز المختلفة

ثانياً :- حساب الالكتروليتات القوية (حامض وقاعدة وملح) في حالة التراكيز المتشابه $[H^+],[OH]$

المحلول متعادل($PH = POH = 7$)

ثالثاً :- في حالة الالكتروليتات مختلفة القوى ومختلفة التراكيز نفس خطوات ثالثاً
بعد كتابة معادلة واحدة فأن تركيز الملح = اقل التراكيز

مثل

$NaOH$	+ CH_3COOH	$\rightarrow CH_3COO^-$	+ H_2O
0.02	0.04	0.0	0.0
-0.02	- 0.02	0.02	0.0

بالجمع ---

0.0 وحل بقوانين محلول بفر ندرسها لاحقاً   0.02   0.02

كما في سؤال 22 و23 و24 من اسئلة الكتاب في نهاية الفصل

ملاحظة قيمة الاس الهيدروجيني للماء النقي تساوي 7

تمرين (3-1) احسب $[H^+],[OH]$ في الالكتروليتات القوية (آ) 0.2M من HBr

ب) 0.05M من KOH   ج) 0.1M من $CaCl_2$

الاجابة:-(آ)

$$\left(\begin{array}{ccc} HBr \rightarrow & H^+_{(aq)} + & Br^-_{(aq)} \\ 0.2M & 0 & 0 \\ 0 & 0.5 & 0.5 \end{array}\right) \Rightarrow [H^+]=[Br^-]=0.2M$$

جواب(ب)

$$\left(\begin{array}{ccc} KOH \rightarrow & K^+_{(aq)} + & OH^-_{(aq)} \\ 0.05 & 0 & 0 \\ 0 & 0.05 & 0.05 \end{array}\right) \Rightarrow [OH^-]=[K^+]=0.05M$$

جواب (ج)

$$\left(\begin{array}{ccc} CaCl_2 \rightarrow & Ca^+_{(aq)} + & 2Cl^-_{(aq)} \\ 0.1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.1 & 2(0.1) \end{array}\right) \Rightarrow \begin{array}{l} [Ca^+]=0.1M \\ [Cl^-]=0.2M \end{array}$$

ايونات المحاليل القوية
تساوي تراكيزها مضروبة
بعدد مولات تلك الايونات
$[\ ]\times n$ = تركيز الايونات

تفكك الالكتروليتات الضعيفة (الحوامض و القواعد)

الحامض حسب برونشتد / تعرف على انه المادة التي لها القابلية على فقدان بروتون لتكوين قاعدة قرينه:
قاعدة قرنية + بروتون ⇌ **حامض**

القاعدة حسب برونشتد / بانها المادة التي لها القابلية على اكتساب البروتون مكونة حامض قرين :
حامض قرين ⇌ بروتون + قاعدة

تعتمد قوة الحامض او القاعدة حسب هذه النظرية على مدى قابلية الحامض على فقدان البروتون ومدى قابلية القاعدة على اكتساب البروتون وكذلك على الوسط الذي يحتوي هذه الاصناف اي لكل حامض قاعدة قرينة تخالفه بالقوة وكذلك للقاعدة حامض قرين يخالفها بالقوة الذي يحتوي هذه الاصناف اي لكل حامض قاعدة قرينة تخالفه في القوة وكذلك للقاعدة

س/ كيف يمكن حساب الالكتروليتات الضعيفة (حامض و قاعدة وملح)

1) كتابة المعادلات ثم تثبت تراكيزها الابتدائية وتراكيزها عند حالة الاتزان كما في المثال

$$\begin{pmatrix} CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)} \\ 0.1M \quad\quad 0 \quad\quad 0 \\ 0.1-X \quad\quad X \quad\quad X \end{pmatrix} \Rightarrow 1)K_a = \frac{[H^+]^2}{[Acid]};(2)K_b = \frac{[OH^-]^2}{[Base]}$$

2) اذا كانت (Ka,Kb) اقل من 10^{-5} مثل $10^{-6},10^{-7},10^{-8},10^{-9}$.... يهمل الجزء المتفاعل(X) المطروح من التركيز الأصلي وتكون النسبة المئوية اقل من(5 %)

3) اذا كانت اكبر (Ka,Kb) من 10^{-5} $10^{-4},10^{-3},10^{-2},10^{-1}$ لا يهمل (X) ويحل

$$X = \frac{-b+\sqrt{b^2-4ac}}{2a}$$

في المعادلة الجبرية من الدرجة الثانية (aX^2+bX+C) تمثل a,b,c

في المعادلة قيم معاملات الحدود X^2,X والحد المطلق على التوالي بطريقة الدستور

4) من قانون النسبة المئوية ($\% = \frac{[OH^-]}{[Base]} \times 100\%$), $\left(\% = \frac{[H^+]}{[Acid]} \times 100\%\right)$

5) من درجة التأين او التفكك نحصل على تراكيز $[H^+],[OH]$ ويمكن ان نحصل $POH = -\log[OH^-]$

و $PH = -\log[H^+]$ وحسب القانون الاتي : درجة التأين= $\frac{[H^+]}{[acid]}$ او درجة التأين= $\frac{[OH^-]}{[base]}$

تمرين (3-2) احسب تركيز OH للمحلول المائي للانيلين(C_6H_7N) $K_b=3.8\times10^{-10}$ الذي تركيزه يساوي 0.1M

المعطيات	$C_6H_7N_{(aq)} \rightleftharpoons C_6H_7NH^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$		
التراكيز الابتدائية	0.1 M	0	0
التراكيز عند الاتزان	0.1-X	X	X

$$K_b = \frac{[C_6H_7NH^+][OH^-]}{[C_6H_7N]} \Rightarrow$$

$$3.8\times10^{-10} = \frac{x^2}{(0.1-x)} \Rightarrow 1.3\times10^{-10}\times(0.1) = x^2$$

$$x^2 = 0.38\times10^{-10} \Rightarrow X = \sqrt{38\times10^{-12}} = 6.2\times10^{-6}M$$

تمرين (3-3) محلول من حامض الهيدروسيانيك $K_a = 4.9\times10^{-10}$ تركيزه يساوي 0.1M الاجابة :-

احسب 1- تركيز H^+ 2- درجة التفكك 3- نسبة التفكك المئوية

المعطيات	$HCN \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + CN^-_{(aq)}$		
التراكيز الابتدائية	0.1	0	0
التراكيز عند الاتزان	0.1 - x	X	X

$$Ka = \frac{[H^+][CN^-]}{[HCN]} \Rightarrow$$

$$4.9\times10^{-10} = \frac{x^2}{(0.1-x)} \Rightarrow 4.9\times10^{-10}\times(0.1) = x^2$$

$$x^2 = 49\times10^{-12} \Rightarrow X = \sqrt{49\times10^{-12}} = 7\times10^{-6}M$$

درجة التفكك $= \frac{[H^+]}{[HCN]} = \frac{7\times10^{-6}}{0.1} = 7\times10^{-5}$

نسبة التفكك المئوية $\frac{[H^+]}{[HCN]}\times100\% \Rightarrow \% = \frac{7\times10^{-6}}{0.1}100\% = 7\times10^{-3}\ \%$

التأين الذاتي للماء(التفكك التلقائي للماء) :-

هو تفاعل كيميائي يتم فيه انتقال بروتون من جزيء الى جزيء اخر للماء لتكوين ايون الهيدرونيوم H_3O^+ وايون الهيدروكسيد OH^- ويمكن ان تحدث في الماء النقي او في المحاليل المائية الاخرى وعميلة الانتقال البروتون هي المسؤولة عن الصفة الامفوتيرية للماء كما مبين :

$$H_2O_{(l)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

ويمكن التعبير عن الحاصل الايوني للماء في حالة الاتزان بالرمز K_w من خلال القانون التالي :

$$K_W = [OH^-][H^+] \quad \text{او} \quad K_W = [OH^-][H_3O^+]$$

دائماً في الماء النقي $[H^+] = [OH^-] = 1.0\times10^{-7}(mole/L)$ ويمكن ان نأخذ هذه القيم عند $25C^0$ فقط فان الحاصل الايوني للماء يساوي ($K_W = (1\times10^{-7})\times(1\times10^{-7}) = 1\times10^{-14}$)

ملاحظات /(تعاليل)

اولاً :- عند اضافة الحامض الى الماء النقي يزداد تركيز الهيدروجين ويقلل تركيز الهيدروكسيد (حسب قاعدة لوشاتليه) المحافظة على الاتزان يعني بقاء الحاصل الايوني كمية ثابتة 1×10^{-14}

فان زيادة تركيز H^+ يجب ان تقود الى انخفاض في تركيز OH^-

ثانياً:- عند اضافة القاعدة الى الماء النقي فان تركيز OH^- يزداد ويقل تركيز H^+ لكي تبقى قيمة K_w ثابتة 1×10^{-14} والجدول يبين انواع المحاليل

س وزاري تزداد درجة تفكك الالكتروليت الضعيف بالتخفيف
ج / لان التخفيف يقلل من اجزاء المذاب في وحدة الحجم ولإزالة هذا التأثير فان الالكتروليت يزيد من تفككه لتعويض النقص الحاصل في الايونات والتخلص منه

مثال (3-3) احسب تراكيز ايونات $[H^+],[OH^-]$ في 0.05M من حامض النتريك HNO_3
الحل / بما ان الحامض قوي اذن تركيز الحامض مضروب بعدد مولات ايون الهيدروجين

$[H^+]=n[HNO_3]$ في المعادلة $HNO_{3(aq)} \rightarrow H^+_{(aq)} + NO_{3(aq)}$

$$[H^+]=0.05mole/L \Rightarrow K_W=[H^+][OH^-]$$

$$1\times10^{-14}=0.05\times[OH^-]\Rightarrow[OH^-]=\frac{1\times10^{-14}}{0.05}=\frac{1\times10^{-12}}{5}=2\times10^{-13}$$

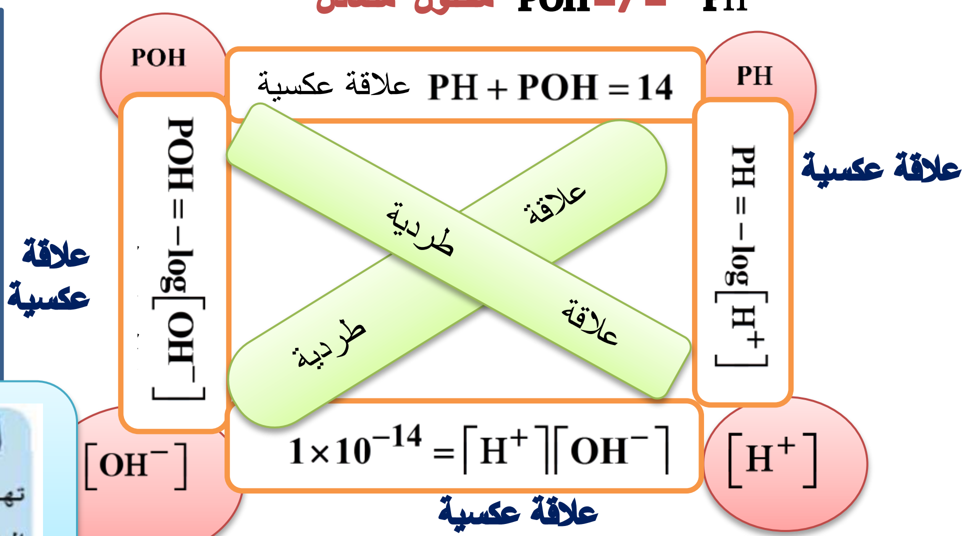
تمرين(3-4) احسب تركيز ايونات الهيدروجين المائية في محلول يحتوي على ايونات الهيدروكسيد المائية بتراكيز
(آ) 0.01M (ب) 2.0×10^{-9}M الحل (آ)

$$[H^+][OH^-]=1\times10^{-14}\Rightarrow[H^+]\times0.01=1\times10^{-14}\Rightarrow[H^+]=\frac{1\times10^{-14}}{0.01}=1\times10^{-12}M$$

$$[H^+][OH^-]=1\times10^{-14}\Rightarrow[H^+]\times2\times10^{-9}=1\times10^{-14}\Rightarrow[H^+]=\frac{1\times10^{-14}}{2\times10^{-9}}=5\times10^{-6}M$$

الاس الهيدروجيني :- عندما يكون التعامل بالتراكيز الصغيرة جداً والمعبر عنها بدلالة المولارية لأيونات H^+ و OH^- المختلفة في قيمتها بشكل كبير جداً صعباً ومرهقاً لذا اقترح العالم سور نسن استعمال الاس الهيدروجيني الدالة الحامضية PH والتي تعتبر مقياس للمحاليل والرسم يوضح القوانين والعلاقة بينهما
علاقة تركيز الهيدروجين مع تركيز الهيدروكسيد علاقة عكسية
علاقة تركيز الهيدروجين مع المحلول الحامضي عكسية مع المحلول القاعدي طردية
علاقة تركيز الهيدروكسيد مع المحلول الحامضي طردية ومع المحلول القاعدي عكسية
اذا كانت PH < POH المحلول قاعدي وبالعكس (PH > POH) المحلول حامضي
PH = POH=7 محلول متعادل

PH :- هي للتعبير عن حامضية المحلول للتعامل مع التراكيز الصغيرة لأيونات H^+,OH^- والمختلفة في قيمتها بشكل كبير جداً صعباً ومرهقاً ولذلك نستعمل PH



انتبه !
تهمل دائما تراكيز [H^+] و [OH^-] الناتجة من تفكك جزيء الماء عند وجود حامض قوي او قاعدة قوية فيه .

س كيف يتم اشتقاق علاقة تربط بين PH,POH لاي محلول مخفف عند درجة $25C^0$؟ ج/

$$[H^+]=[OH^-]=K_W=1\times10^{-14}$$

بضرب طرفي المعادلة بالمقدار (-1) نحصل على

$$\log[H^+]+\log[OH^-]=-\log(1\times10^{-14})$$

$$(-\log[H^+])+(-\log[OH^-])=-\log(1.0\times10^{-14})$$

$$P^H=-\log[H^+],\ P^{OH}=-\log[OH^-]$$

$$P^H+P^{OH}=14$$

PH,POH اذا كانت قيمتهما موجبة اذا كانت اقل من 14 اما اذا احدهما اكبر 14 تكون قيمة الاخرى سالبة

يمكن حساب الأس الهيدروجيني من خلال ما يلي :-

اولاً:- اذا كانت $[H^+],[OH^-]$ معلومة نحصل على PH,POH من القوانين الاتية:

$$PH=-\log[H^+]\ /\ POH=-\log[OH^-]$$

ثانياً:- اذا كان احدهما معلوم نستخرج تركيز الاخر من القانون التالي: $[H^+]\times[OH^-]=1.0\times10^{-14}$

ثم نستخدم القوانين اعلاه اومن $K_a=\frac{[H^+]^2}{[Acid]},K_b=\frac{[OH^-]^2}{[base]}$ او من درجة التأين او النسبة المئوية ($\frac{[H^+]}{[acid]}=$ درجة التأين) و ($\frac{[OH^-]}{[Base]}=$درجة التأين)

$$(\ \%=\frac{[H^+]}{[acid]}\times100\%\Leftrightarrow\%=\frac{[OH^-]}{[Base]}\times100\%\ )$$

ثالثاً:- اذا PH,POH كان احدهما معلوم نستخدم القانون الاتي : $PH+POH=14$

ملاحظة :- ان الحاصل الايوني للماء بدلالة PK_W ($PK_W=-\log K_W$)

تمرين (3-6) اذا علمت ان PH محلول لحامض النتريك يساوي 3.3 ، ماهي مولارية المحلول

الحل بما ان PH =3.3 بما ان $\log4.7=0.7$

$$[H^+]=10^{-PH}\Rightarrow[H^+]=10^{-3.3}\Rightarrow[H^+]=10^{-3.3}\times10^4\times10^{-4}$$

$$[H^+]=10^{0.7}\times10^{-4}\Rightarrow[H^+]=4.79\times10^{-4}M$$

تمرين (3-7) اكمل الجدول الاتي ، هل وجدت علاقة واضحة بين قيم PH,POH لكل محلول ؟ ماهي ؟

المحلول	H^+	OH^-	PH	POH
0.1M HI	0.1	1×10^{-13}	1	13
KOH 0.06M	$0.16\times10^{-12}M$	0.06mole / L	12.78	1.22

0.02M $Ba(OH)_2$	0.25×10^{-12}	0.04	12.6	1.4
0.0003M H_2SO_4	3×10^{-4}	0.3×10^{-10}	3.477	10.523

الحل:- اولاً: تركيز الحامض القوي $[H^+]=n[HCl]$

$$HI \rightarrow H^+_{(aq)} + I^-_{(aq)} \Rightarrow [HI]=[H^+] \Rightarrow [H^+]=0.1 \Rightarrow PH=-\log[H^+]$$

$$PH=-\log 0.1 \Rightarrow PH=1$$

$$PH+POH=14 \Rightarrow POH=14-1 \Rightarrow \boxed{POH=13}$$

$$[OH^-]=\frac{K_w}{[H^+]} \Rightarrow [OH^-]=\frac{1\times10^{-14}}{0.1}=1\times10^{-13}M$$

ثانياً: القاعدة قوية تركيز $[OH^-] = n\,KOH$

$$KOH \rightarrow K^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \Rightarrow [KOH]=[OH^-]$$

$$[OH^-]=0.06mole/L \Rightarrow \boxed{\begin{array}{l} POH=-\log[OH^-] \\ POH=-\log 6\times10^{-2} \Rightarrow POH=2-0.78=1.22 \end{array}}$$

$$PH+POH=14 \Rightarrow \boxed{PH=14-1.22=12.78}$$

$$[OH^-]=\frac{K_w}{[H^+]} \Rightarrow [OH^-]=\frac{1\times10^{-14}}{0.06}=0.16\times10^{-12}M$$

ثالثاً: القاعدة قوية تركيز $[OH^-] = n\,[Ba(OH)_2]$

$$Ba(OH)_2 \rightarrow Ba^+_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)} \Rightarrow [Ba(OH)_2] = \boxed{2\times[OH^-]=0.04}$$

$$POH=-\log[OH^-] \Rightarrow \boxed{\begin{array}{l} POH=-\log 4\times10^{-2} \\ POH=2-0.6=1.4 \end{array}}$$

$$PH+POH=14 \Rightarrow \boxed{PH=14-1.4=12.6}$$

$$[H^+]=\frac{1\times10^{-14}}{[OH^-]} \Rightarrow \boxed{[H^+]=\frac{1\times10^{-14}}{4\times10^{-2}}=0.25\times10^{-12}}$$

رابعاً: حامض قوي $[H^+]=n[HClO_4]$

$$[H^+]=3\times10^{-4}mole/L \Rightarrow [OH^-]=\frac{1\times10^{-14}}{3\times10^{-4}}=0.3\times10^{-10}mole/L$$

$$PH=-\log[H^+] \Rightarrow PH=-\log 3\times10^{-4} \Rightarrow \boxed{PH=4-0.523=3.477}$$

$$PH+POH=14 \Rightarrow \boxed{POH=14-3.477=10.523}$$

تمرين (3-8)احسب قيم $[H^+], PH, [OH^-], POH$ للمحلول المائي $Ca(OH)_2$ تركيزه $0.015M$ ، هل المحلول حامضي ، ام قاعدي ؟ لماذا ؟

الاجابة :- قاعدة قوية فان تركيز $[OH^-] = n[Ca(OH)_2]$

$$\begin{pmatrix} Ca(OH)_2 \rightarrow Ca^{2+}{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)} \\ 0.015 \quad 0.015 \quad 0.015 \end{pmatrix} \Rightarrow \boxed{\begin{matrix}[OH^-] = n[Ca(OH)_2] \\ [OH^-] = 2(0.015) = 0.030M\end{matrix}}$$

$$[H^+] = \frac{1\times10^{-14}}{[OH^-]} \Rightarrow [H^+] = \frac{1\times10^{-14}}{3\times10^{-2}} = 0.3\times10^{-12} mole/L$$

$$POH = -\log[OH^-] \Rightarrow POH = -\log 3\times10^{-2} \Rightarrow POH = 2 - 0.47 = 1.53$$

$$PH = -\log[H^+] \Rightarrow PH = -\log 3\times10^{-13} \Rightarrow PH = 13 - 0.47 = 12.53$$

التحلل الذاتي للأملاح

التحلل المائي / يعرف على انه تفاعل المادة مع الماء حيث تتضمن بعض تفاعلات التحلل المائي التفاعل مع ايونات $[H^+],[OH^-]$ مثال تفاعل حامض ضعيفHA مع الماء لتكوين الحامض الضعيف غير المتأين مما يؤدي الى اخلال في التوازن بين ايونات $[H^+],[OH^-]$ كما في المعادلات الاتية:

$$HA \rightleftharpoons H^+{}_{(aq)} + A^-{}_{(aq)}$$

$$H_2O \rightleftharpoons H^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

$$\Rightarrow A^-{}_{(aq)} + H^+{}_{(aq)} \rightarrow HA_{(aq)}$$

نلاحظ ان $[OH^-]$ باقي لا يتفاعل بينما تركيز H^+ يتفاعل مع الايون السالب (A^-)وتكوين الحامض غير متفكك مما يؤدي الى زيادة في $[OH^-]$ واصبح المحلول قاعدي وينطبق بنفس الحالة على الايون الموجب

كما في المثال

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

$$H_2O \rightleftharpoons H^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

$$NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)} \rightleftharpoons NH_4OH$$

الزيادة $[H^+]$ الذي لا يتفاعل بينما $[OH^-]$ يتفاعل مع NH_4^- ويكون محلولاً قاعدياً أذن المحلول حامضي
وحسب مفهوم برونشتد تسلك القاعدة القرنية للحامض القوي سلوك قاعدي ضعيفة جداً بينما تكون القاعدة القرنية للحامض الضعيف قاعدة قوية وينطبق الشيء نفسه على القواعد

تصنف الاملاح الى

1- املاح لقواعد قوية وحوامض قوية هي محاليل مائية متعادلة لان ليس لأيوناتها الموجبة والسالبة القابلية على التفاعل بشكل ملحوظ مع الماء تكون $[H^+] = [OH^-]$ أذن تكون $PH = POH = 7$

$$NaCl \rightarrow Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$
$$H_2O \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

لان ايونات Na^+, Cl^- لا تتفاعل مع ايونات الماء $[H^+] = [OH^-]$

وبالتالي تبقى في حالة اتزان اذن $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$ متعادل $PH = POH = 7$

س لا تؤثر اذابة الاملاح المتعادلة في الماء على قيمة الاس الهيدروجيني (مثل $NaCl$)

ج/ لان ايوناتها ضعيفة ليس لها القدرة للتفاعل مع ايونات الماء بذلك لا تتأثر

فراغ وزاري يكون المحلول المائي لملح $NaCl$ متعادلاً وذلك لانه ملح مشتق من --------------

ج / لان مشتق من حامض قوي HCl وقاعدة قوية $NaOH$

2- املاح لقواعد قوية وحوامض ضعيفة هي المحاليل المائية القاعدية والسبب الايون السالب العائد الى الحامض الضعيف يتفاعل مع الايون الموجب H^+ من الماء وبقاء ايون OH^- زائد كما في المعادلة الاتية :

$$(1) CH_3COONa_{(S)} \xrightarrow{H_2O} Na^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}$$
$$(2) H_2O \rightleftharpoons OH^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$
$$(3) CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)} \rightleftharpoons CH_3COOH$$

ينتج محلول به زيادة من ايونات OH^-

ملح مشتق من قاعدة قوية – حامض ضعيف

يتفاعل الايون السالب CH_3COO^- مع H^+ وتكوين حامض الخليك غير متأين وبقاء OH^- زائد

:. الملح ذات صفات قاعدية والنقص في H^+ يجعل التفاعل ينزاح بالاتجاه الامامي لتعويض النقص والعودة الى حالة الاتزان مجدداً يمثل ايون الخلات قاعدة قرينة قوية للحامض الضعيف

$$CH_3COO^-_{(aq)} + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-_{(aq)}$$ ويمكن التعبير عن ثابت التحلل المائي K_h

$$K_h = \frac{[CH_3COOH][OH^-]}{[CH_3COO^-]} = \frac{Kw}{Ka}$$

س وزاري علل محاليل الاملاح المشتقة من القواعد القوية والحوامض الضعيفة تعد محاليل قاعدية او المحلول المائي لخلات البوتاسيوم قاعدي التأثير

ج / لان القواعد عند ذوبانها بالماء تعطي ايونات ضعيفة لا يمكنها التفاعل مع ايونات الماء بينما الايون القادم من الحامض الضعيف (السالب) ايون قوي يتفاعل مع ايونات الماء وبالتالي ينقص تركيزه وبذلك يكون المحلول قاعدي التأثير

س اخترما يناسب التعابير التالية :- محلول سيانيد الامونيوم له تأثير (قاعدي / حامضي / متعادل) علماً

$K_a(HCN) = 4.9 \times 10^{-10}$ و $K_b(NH_3) = 2 \times 10^{-5}$

الجواب / من خلال القيم نجد ان $K_a < K_b$ لذلك فهو قاعدي

س علل تزداد قيمة الاس الهيدروجيني للماء المقطر عند اذابة كمية من خلات البوتاسيوم فيه

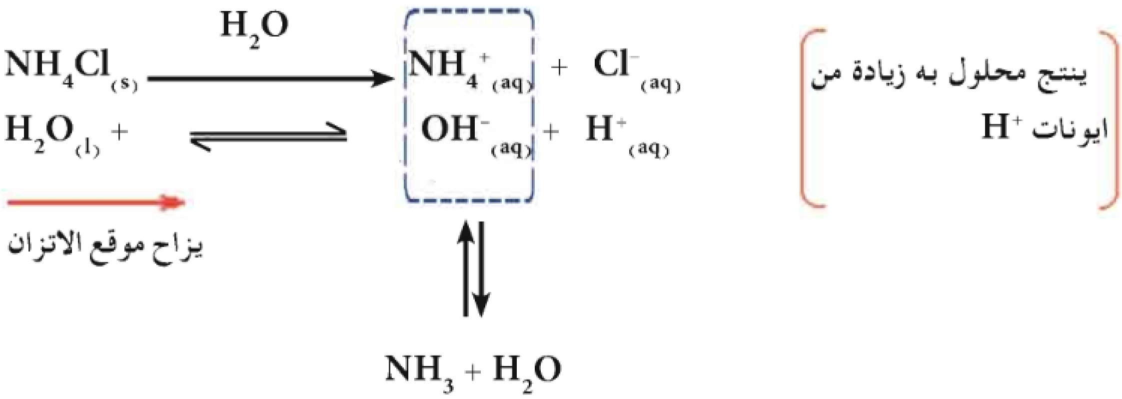
ج/ الملح قاعدي ناتج من قاعدة قوية KOH وحامض ضعيف هو حامض الخليك CH_3COOH

عند اذابته بالماء يتفاعل مع ايونات الخلات لتكوين حامض الخليك فان الماء لتعويض النقص الحاصل ايون الهيدروجين H^+ مما يزيد تركيز OH^- مما يؤدي الى زيادة قيمة PH

3- املاح لقواعد ضعيفة وحوامض قوية

هو تفاعل الايون الموجب للملح (العائد في الاصل للقاعدة الضعيفة)مع الماء لتكوين القاعدة

الضعيفة غير المتفككة مع ايون H^+ يؤدي الى اخلال في حالة الاتزان بين الايونات $[H^+]$ و $[OH^-]$ في الماء مع زيادة $[H^+]$ وجعل هذا النوع من المحاليل حامضية مثال ملح ناتج من تفاعل الامونيا مع حامض قوي HCl يتفكك بشكل كامل :-



يتفاعل NH_4^+ (الحامض القرين للقاعدة الضعيفة NH_3) مع $[OH^-]$ وتكوين القاعدة الضعيفة غير المتفككة والماء لذلك تتأين جزيئة الماء لسد النقص في $[OH^-]$ وزيادة في $[H^+]$ ويصبح حامضياً

س/ علل تركيز $[Cl^-] > [NH_4^+]$ عند تحلل كلوريد الامونيوم NH_4Cl مائياً؟

الاجابة :- $NH_4Cl_{(S)} \xrightarrow{H_2O} NH_4^+{}_{(aq)} + Cl^-{}_{(aq)}$

قاعدة قرينة ضعيف حامض قرين قوي

$$H_2O \rightleftharpoons H^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

نلاحظ حامض قرين قوي NH_4^+ يتفاعل مع ايون $[OH^-]$ ليكون القاعدة الضعيفة غير متفككة وبذلك تتأين جزيئة الماء لسد النقص في تركيز $[OH^-]$ وزيادة في كمية $[H^+]$ مما يؤدي الى استهلاك NH_4^+ وبقاء $[Cl^-]$ ثابت وبذلك يصبح $[Cl^-] > [NH_4^+]$

تأثير الايون المشترك / هو سلوك محلول مائي يحوي على مذابين احدهما الالكتروليت الضعيف يتشابهان في احتوائهما على ايون مشترك هو الايون الناتج من تفكك الكتروليت قوي ويشبه احد أيوني الالكتروليت الضعيف

المحاليل المنظمة (محاليل بفر)/ هي المحاليل التي تقاوم التغير في قيمة p^H عند اضافة كمية قليلة من حامض قوي او قاعدة قوية ويعتبر ماء البحر من محاليل بفر لاحتوائها على الاملاح

س/ ما هي انواع محاليل بفر؟

اولاً:- محلول حامض ضعيف وملحه عند اضافة حامض او قاعدة له نلاحظ ما يلي :

1 – في حالة اضافة حامض قوي زيادة في تركيز $[H^+]$ وينزاح التفاعل بالاتجاه الخلفي اي نحو الحامض وتقل P^H ولكن بمقدار قليل ويقل تركيز الايون السالب العائد الى الحامض الضعيف اذن تركيز الحامض يزداد ويقل تركيز الملح ويمكن ان نستخرج تراكيزهما كما مبين بعد الاضافة: $[acid] = [acid] + [H]$ زيادة الحامض و $[salt] = [salt] - [H]$ نقصان الملح ثم نستخدم القانون التالي : $PH = PK_a + \log\frac{[salt]}{[acid]}$ وبعدها يمكن ايجاد POH

ثم نستخدم القانون التالي : $PH = PK_a + \log\frac{[salt]}{[acid]}$ وبعدها يمكن ايجاد POH مقدار التغير بالاس الهيدروجيني $\Delta PH = PH_2 - PH_1$ مقدار التغير (P^H) نجدها تقل بفعل الايون المشترك

2- في حالة اضافة قاعدة قوية الى محلول بفر تتحد ايونات OH^- من القاعدة القوية مع $[H^+]$ من الحامض لتكوين الماء لسد النقص في $[H^+]$ وحسب قاعدة لوشاتلية وبالتالي يزيد الحامض الضعيف من تفككه وبذلك تقل $[H^+]$ رغم تفككه وتزداد P^H بمقدار قليل يقل الحامض $[acid]_2 = [acid]_1 - [H]$ ويزداد الملح $[salt]_2 = [salt]_1 + [H]$ مع ملاحظة عدد مولات الايونات $[H^+],[OH^-]$ من المعادلة الموزونة $[H^+] = n[acid]$ و $[OH^-] = n[base]$

ثانياً :- محلول قاعدي ضعيف + ملحه

1– اضافة حامض قوي اليه تقل القاعدة ويزداد الملح ثم نكمل كما مبين اعلاه زيادة $[H^+]$ يتحد مع $[OH^-]$ القادمة من الماء وتكوين الماء مما يؤدي الى تفكك القاعدة ويكون اتجاه التفاعل نحو الامام اي بقاء P^H ثابتة

2– اضافة قاعدة قوية اليه تزداد القاعدة ويقل الملح ثم نكمل كما مبين اعلاه زيادة $[OH^-]$ ينزاح بالاتجاه الخلفي والعودة مجدداً الى حالة الاتزان القانون المستخدم في محلول قاعدة ضعيفة + ملحها هو

$POH = PK_b + \log\frac{[salt]}{[base]}$ او $[H^+] = K_a \times \frac{[acid]}{[salt]}$ او $[OH^-] = K_b \times \frac{[base]}{[salt]}$

س كيف حل امثلة محلول بفر؟

1- قبل الاضافة نستخرج PH اذا كان لحامض ضعيف وملحه مباشرة من قانون بفر اما اذا كان لقاعدة وملحها نستخرج POH من قانون بفر ثم نجد PH من القانون الاتي ($PH + POH = 14$) ثم بعد الاضافة

2 - نستخرج تركيز الحامض القوي او القاعدة القوية اذا كانت الكمية صغيرة اي بالمولات نستخدم القانون الاتي $M = \frac{n(mole)}{V(L)}$ بعد تحويل الحجم الى لتر اذا كان (mL) اما اذا كانت الكمية المضافة كبيرة (المولارية) نستخدم قانون التخفيف $M_1V_1 = M_2V_2$ ونستخدم القوانين الاتية:

$$[base]_2 = [base]_1 + [OH^-],[salt]_2 = [salt]_1 - [OH^-]$$

$$[Acid]_2 = [Acid]_1 + [H^+],[salt]_2 = [salt]_1 - [H^+]$$

3 – نستخدم قانون محلول بفر لحامض ضعيف وملحه $PH = PK_a + \log\frac{[salt]}{[acid]}$

اذا كان لقاعدة ضعيفة وملحها القانون الاتي $POH = PK_b + \log\frac{[salt]}{[base]}$

وبعدها نجد $PH + POH = 14$ ثم مقدار التغير $\Delta PH = PH_2 - PH_1$

- نجد قيمة PH_1 قبل الاضافة 2- نجد قيمة PH_2 بعد الاضافة 3- نطبق العلاقة $\Delta PH = PH_2 - PH_1$
- عندما تكون مقدار التغير موجب عند اضافة مادة قاعدية (قاعدة او ملح قاعدي)
- عندما تكون مقدار التغير سالب عند اضافة مادة حامضية (حامضي او ملح حامضي)

- عندما توجد كلمة تغير تعني زيادة الاس الحامضي اذا كانت الاضافة قاعدية – وتعني نقصان اذا كانت الاضافة حامضية - $\Delta PH = -POH$

تمرين (3-9)

احسب PH لمحلول يحتوي على NH_3 بتركيز $NH_4Cl, 0.15mole/L$ وبتركيز $0.3mole/L$ قارن النتيجة مع قيمة PH محلول الامونيا ذي تركيز $0.15mole/L$ علماً ان $PK_b = 4.7$

$\log 1.8 = 0.26, \log 16 = 1.204, \log 2 = 0.3$ الاجابة:-

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$
0.15
$$NH_4Cl_{(S)} \rightarrow NH_4^+{}_{(aq)} + Cl^-{}_{(aq)}$$
0.3

الايون المشترك

$$POH = PK_b + \log\frac{[salt]}{[base]} \Rightarrow POH = 4.47 + \log\frac{0.3}{0.15}$$

$$POH = 4.47 + \log\frac{30}{15} \Rightarrow POH = 4.47 + \log 2 \Rightarrow POH = 4.47 + 0.3$$

$$POH = 5.04 \Rightarrow PH + POH = 14 \Rightarrow PH = 14 - POH \Rightarrow PH = 14 - 5.04 = 8.96$$

المعطيات	$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons$	$NH_4^+{}_{(aq)}$	$+ OH^-{}_{(aq)}$
التراكيز الابتدائية	0.15	0	0
التراكيز عند الاتزان	$0.15 - X$	X	X

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{NH_3} \Rightarrow 1.8\times10^{-5} = \frac{X^2}{0.15} \Rightarrow X^2 = 0.27\times10^{-5}$$

$$\Rightarrow X = \sqrt{2.7\times10^{-6}} \Rightarrow X = 1.6\times10^{-3}M = [OH] \Rightarrow POH = -\log[OH^-]$$

$$POH = -\log 16\times10^{-4} \Rightarrow P^{OH} = 4 - 1.204 = 2.796$$

$$PH + POH = 14 \Rightarrow PH = 14 - 2.796 = 11.204$$

تمرين (3-10)

ما تأثير حامض الخليك في محلول يحوي اضافة الى الحامض ملح خلات الصوديوم بتركيز $0.3mole/L$ اذا علمت ان قيمة PH المحلول كانت تساوي 4.31 علماً

علماً ان $K_a = 1.8\times10^{-5}$ و $\log 0.37 = -0.43$ ج/ 0.81M

الاجابة :-

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$
Xmole / L

$$CH_3COONa \rightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)}$$
0.3mole / L

وجود الايون المشترك

$$PH = PK_a + \log\frac{[salt]}{[acid]} \Rightarrow 4.31 = -\log 1.8\times10^{-5} + \log\frac{0.3}{[X]}$$

$$4.31 = 5 - 0.26 + \log\frac{0.3}{[X]} \Rightarrow 4.31 - 4.74 = +\log\frac{0.3}{[X]}$$

$$\frac{\log}{\log}\frac{0.3}{X} = \frac{-0.43}{\log} \Rightarrow \frac{0.3}{X} = 10^{-0.43} \Rightarrow \frac{0.3}{X} = 0.37 \Rightarrow X = \frac{0.3}{0.37}$$

بالقسمة على log نحصل

$$[CH_3COOH] = \frac{30}{37} = 0.810mole / L$$

تمرين(3-11) ما هو التأثير الناتج من اضافة 26.75g (0.5mole) من ملح كلوريد الامونيوم الى لتر واحد من محلول الامونيا بتركيز 0.1M على درجة تفكك القاعدة ؟ اذا علمت ان ثابت تفكك القاعدة الضعيفة $K_b(NH_3)$ 1.8×10^{-5} ج/ درجة تفكك القاعدة اكبر بمقدار 360 الاجابة:- قبل الاضافة

المعطيات	$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons$	$NH_4^+{}_{(aq)}$	$+ OH^-{}_{(aq)}$
التراكيز الابتدائية	0. 1	0	0
التراكيز عند الاتزان	0.1 -X	X	X

$$K_b = \frac{[OH^-]^2}{[base]} \Rightarrow 1.8\times10^{-5} = \frac{(X)^2}{0.1} \Rightarrow X^2 = 1.8\times10^{-6} \xrightarrow{\text{جذر}}$$

$$X = \sqrt{1.8\times10^{-6}} = 1.3\times10^{-3}M = [OH^-]$$

$$(NH_3)\text{ درجة تفكك } = \frac{[OH^-]}{[base]} \Rightarrow \text{ درجة تفكك الامونيا } = \frac{1.3\times10^{-3}}{0.1} = 1.3\times10^{-2}$$

بعد الاضافة بوجود الايون المشترك

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$
0.1 y y

$$NH_4Cl \rightarrow NH_4^+{}_{(aq)} + Cl^-{}_{(aq)}$$
0.5 0.5 0.5

الايون المشترك $(y + 0.5)$ ويهمل $\Rightarrow y$

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]} \Rightarrow 1.8\times10^{-5} = \frac{0.5(y)}{0.1} \Rightarrow \boxed{0.5(y) = 1.8\times10^{-6}}$$

$$y = \frac{1.8\times10^{-6}}{0.5} = 3.6\times10^{-6}(mole/L) \Rightarrow \boxed{[OH^-] = 3.6\times10^{-6}(mole/L)}$$

(NH_3) درجة تفكك $= \frac{[OH^-]}{[base]} \Rightarrow$ درجة تفكك الامونيا $= \frac{0.36\times10^{-5}}{0.1} = 0.36\times10^{-4}$

اذن درجة تفكك القاعدة عند المقارنة بين درجة التفكك قبل وبعد اضافة كلوريد الامونيوم

بمقدار ($360 = \frac{1.3\times10^{-2}}{0.36\times10^{-4}} =$ درجة تفكك القاعدة) بفعل الايون المشترك تقل بمقدار 360 مرة

مثال (3-11) احسب قيمة الاس الهيدروجيني PH بعد اضافة 1mL من محلول حامض الهيدروكلوريك تركيزه 10M الى لتر من محلول بفر مكون من حامض الخليك بتركيز 0.1M وخلات الصوديوم بتركيز 0.1M علماً ان $PK_a = 4.74$ (log11=1.041 , log9= 0.954) (يكرر بالوزاري) انتبه الى عدد الايونات H^+

الاجابة:-

مزيج بفري من حامض الخليك وخلات الصوديوم بالمعادلات الاتية :

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$

$$CH_3COONa_{(s)} \rightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)}$$

نحسب التركيز المولاري للحامض HCl من قانون التخفيف $(M_1V_1=M_2V_2)$

$$M_1V_1 = M_2V_2 \Rightarrow 10\,mole/L \times \frac{1}{1000} = M_2 \times 1L$$

$\boxed{M_2 = 0.01mole/L}$

نلاحظ زيادة الحامض الضعيف وقلة الملح

$$[acid]_2 = [acid]_1 + [H^+] \Rightarrow [acid]_2 = 0.1 + 0.01 = 0.11mole/L$$

$$[salt]_2 = [salt]_1 - [H^+] \Rightarrow [salt]_2 = 0.1 - 0.01 = 0.09mole/L$$

$$PH = PK_a + \log\frac{[salt]}{[acid]} \Rightarrow PH = 4.74 + \log\frac{0.09}{0.11} \Rightarrow PH = 4.74 + \log\frac{9}{11}$$

$$PH = 4.74 + \log 9 - \log 11 \Rightarrow PH = 4.74 + (0.954 - 1.041) \Rightarrow PH = 4.74 - 0.087 = 4.653$$

تمرين(3-12) احسب قيمة الاس الهيدروجيني PH (آ) للتر من محلول بفر مكون من الامونيا بتركيز 0.1M وكلوريد الامونيوم بتركيز 0.1M (ب) لنفس محلول بفر لكن بعد اضافة 1mL من محلول حامض الكبريتيك تركيزه 10M ،ثم احسب مقدار التغير الحاصل في قيمة PH وناقش النتيجة ، علماً ان $PK_b = 4.47$ (اهمل التغير الذي يحصل في حجم المحلول بعد اضافة الحامض القوي او القاعدة القوية عند حل المثال) علماً ان (Log12=1.078 / Log8=0.903) الاجابة:

قبل اضافة الحامض

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$NH_4Cl_{(S)} \rightarrow NH_4^+{}_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

الايون المشترك

$$POH = PK_b + \log\frac{[salt]}{[base]} \Rightarrow POH = 4.74 + \log\frac{0.1}{0.1}$$

$$POH = 4.74 + \log 1 \Rightarrow POH = 4.74 + 0 \Rightarrow POH = 4.74$$

$$PH + POH = 14 \Rightarrow PH = 14 - POH \Rightarrow PH_1 = 14 - 4.74 = 9.26$$

بعد الاضافة H_2SO_4 نجد التركيز المولاري من قانون التخفيف

$$M_1V_1 = M_2V_2 \Rightarrow 10\,mole/L \times 1\,mL \times \frac{1}{1000\,mL} = M_2 \times 1L$$

$$[H_2SO_4]_2 = (0.01 mole/L) \Rightarrow [H] = n \times [H_2SO_4]_2$$

$$[H] = 2 \times 0.01 = 0.02 (mole/L)$$

نلاحظ زيادة الملح ونقصان القاعدة

$$[base]_2 = [base]_1 - [H^+] \Rightarrow [base]_2 = 0.1 - 0.02 = 0.08 mole/L$$

$$[salt]_2 = [salt]_1 + [H^+] \Rightarrow [salt]_2 = 0.1 + 0.02 = 0.12 mole/L$$

$$POH = PK_b + \log\frac{[salt]}{[base]} \Rightarrow POH = 4.74 + \log\frac{0.12}{0.08} \Rightarrow$$

$$POH = 4.74 + \log\frac{12}{8} \Rightarrow POH = 4.74 + \log 12 - \log 8 \Rightarrow$$

$$POH = 4.74 + (1.078 - 0.903) \Rightarrow POH = 4.74 + 0.175 \Rightarrow \boxed{POH = 4.915}$$

$$PH + POH = 14 \Rightarrow PH = 14 - 4.915 = 9.085$$

$$\Delta PH = PH_2 - PH_1 \Rightarrow \Delta PH = 9.085 - 9.26 \Rightarrow \boxed{\Delta PH = -0.175 \approx -0.1}$$

عند تغير الحامض المضاف او القاعدة أنتبه الى الايونات (H^+, OH^-)

س/ عندما لا تنخفض PH محلول بفري لحامض الخليك (حامض ضعيف) مع خلات الصوديوم عند اضافة كمية قليلة من حامض HCl القوي ؟ بينما اضافته الى الماء النقي يؤدي الى نقصان حاد في قيمة PH؟

ج/ عند تفكك الحامض القوي يؤدي الى زيادة ملحوظة في تركيز $[H^+]$ لان هذا الايون لا يبقى طليقاً في المحلول لانه يتفاعل مع ايونات الخلات الناتجة من تأين الحامض وتكوين حامض الخليك القليل التفكك وبذلك لا تنخفض قيمة PH المحلول بل تبقى ثابتة تقريباً كما في المعادلات الاتية:

$$\left(\begin{array}{l} HCl \rightarrow H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} \\ CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)} \\ H^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)} \rightleftharpoons CH_3COOH \end{array}\right) \Rightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)} \rightleftharpoons CH_3COOH$$

بينما اضافة الحامض الى الماء النقي يؤدي الى زيادة كبيرة في تركيز ايون H^+ مما يؤدي الى نقصان في PH

ملاحظة / يحث نفس الشيء عند اضافة قاعدة قوية الى الماء النقي فان OH^- يزداد بشكل كبير بينما اضافة القاعدة القوية لا يكون OH^- القادم من القاعدة طليق بل يتفاعل H^+ القادم من تفكك الخليك مكوناً الماء وبذلك لا تتأثر PH في محلول بفر (اصبح تقريباً متعادل اي بقاء PH المحلول ثابتة)

ملاحظة ما يلي : في حالة اضافة زيادة بالحامض الضعيف ونقصان بالملح في حالة اضافة القاعدة زيادة بالملح ونقصان في الحامض الضعيف كما وردة سابقاً بالملزمة

س/ عندما لا تنخفض PH محلول بفري لحامض الخليك (حامض ضعيف) مع خلات الصوديوم عند اضافة كمية قليلة من حامض NaOH القوي

الجواب ج/ عند تفكك القاعدة القوي يؤدي الى زيادة ملحوظة في تركيز $\left[OH^-\right]$ لان هذا الايون لا يبقى طليقاً في المحلول لانه يتفاعل مع ايونات H^+ القادمة من تأين الحامض لتكوين الماء لذلك يبذء الحامض بالتفكك من اجل التعويض النقص في ايونات H^+ وبذلك لا تنخفض قيمة PH المحلول بل تبقى ثابتة تقريباً كما في المعادلات الاتية:

$$\left(\begin{array}{l} CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^-{}_{(aq)} + H^+{}_{(aq)} \\ H^+{}_{(aq)} + CH_3COO^-{}_{(aq)} \rightleftharpoons CH_3COOH \\ NaOH \rightarrow OH^- + H^+ \end{array}\right) \Rightarrow H^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)} \rightleftharpoons H_2O$$

الذوبانية وثابت حاصل الذوبان :-

هنالك بعض المواد الالكتروليتية (الاملاح) والتي عند اضافتها الى الماء يذوب جزء ضئيل جداً في الماء وتدعى الاملاح شحيحة الذوبان الى ان تصل حالة اشباع (توازن) بين الجزء الغير ذائب من الملح والجزء الذائب وبما المادة الالكتروليتية قوية فأن الجزء الذائب تتأين كلياً الى ايونات سالبة وموجبة وبما ان الجزء الذائب بحالة اتزان مع الجزء غير ذائب (الصلب) كما في المعادلة الاتية حيث (AB) بمثل الملح الشحيح الذوبان بالماء

$AB_{(S)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons A^+{}_{(aq)} + B^-{}_{(aq)}$ ويعبر عن ثابت الاتزان K_{eq} لهذه العملية بالعلاقة الاتية:

$K_{eq} = \dfrac{\left[A^+\right]\left[B^-\right]}{\left[AB\right]\left[H_2O\right]}$ ويمكن اعتبار قيم $\left[AB\right]$ و $\left[H_2O\right]$ ثابتة لتفكك جزء من الملح والماء المتكون هو المذيب نحصل على العلاقة الاتية : $K_{SP} = \left[A^+\right]\left[B^-\right]$ وبالتعويض في K_{eq}

$$K_{SP} = K_{eq}\left[AB\right]\left[H_2O\right]$$

الذوبانية / هي عدد مولات الملح التي تذوب في لتر واحد من المحلول المشبع للملح اي عند حالة الاتزان بين المادة الصلبة ومحلول المادة وتدعى الذوبانية المولارية والتي تمثل الايونات الناتجة من تفكك الملح في المحلول عند الاتزان ويرمز لها (S)

ثابت حاصل الذوبان:- يمثل حاصل ضرب التراكيز المولارية (للايونات المكونة للمركب) عند حالة الاتزان كل مرفوع لاس مساو لعدد الايونات في المعادلة الكيميائية الموزونة التي تعبر عن تفكك المركب ويرمز له(K_{SP}) كما في القانون الاتي $K_{SP} = \left[A^+\right]\left[B^-\right]$ وتدعى بالذوبانية المولارية

س/ ماهي العلاقة التي تربط K_{SP} مع S ؟ ج/ K_{SP} تتناسب طردياً مع الذوبانية المولارية S

س/ ما اهمية الحاصل الايوني Q_{SP} وثابت حاصل الذوبان K_{SP} ؟

1- اذاكان $K_{SP} = Q_{SP}$ اذن المحلول مشبع وفي حالة اتزان

2- اذاكان $K_{SP} < Q_{SP}$ اذن المحلول فوق المشبع ويحصل الترسيب

3- اذاكان $K_{SP} > Q_{SP}$ اذن المحلول تحت المشبع ولا يحصل الترسيب

وتقسم الاملاح الى :-

اولاً: - الاملاح احادية – احادية و ثنائية – ثنائية كما في الامثلة $\left(AgCl, BaSO_4, PbSO_4\right)$ يكون

$$AgCl_{(S)} \rightleftharpoons Ag^{+}_{(aq)} + Cl^{-}_{(aq)}$$
S S

$$K_{SP} = (S)(S)$$
$$K_{SP} = S^2$$

$$BaSO_{4(S)} \rightleftharpoons Ba^{+2}_{(aq)} + SO_4^{-2}{}_{(aq)}$$
S S

ثانياً:- الاملاح احادية – ثنائية كما في الامثلة ($Mg(OH)_2, Zn(OH)_2, CaF_2$)

$$CaF_{2(S)} \rightleftharpoons Ca^{+2}_{(aq)} + 2F^{-}_{(aq)}$$
S 2S

$$Zn(OH)_{2(S)} \rightleftharpoons Zn^{+2}_{(aq)} + 2OH^{-}_{(aq)}$$
S 2S

$$K_{SP} = (S)(2S)^2$$
$$K_{SP} = 4S^3$$

ثالثاً:- الاملاح ثنائي – ثلاثي كما في الامثل ($Ca_3(PO_4)_2$)

$$Ca_3(PO_4)_{2(S)} \rightleftharpoons 3Ca^{+2}_{(aq)} + 2PO_4^{-}{}_{(aq)}$$
3S 2S

$$K_{SP} = (3S)^3(2S)^2 \Rightarrow$$
$$K_{SP} = 27S^3 \times 4S^2$$
$$K_{SP} = 108S^5$$

س / علل تختلف الاملاح (المواد الصلبة) في ذوبانها في الماء ؟ ج/ لان تعتمد على:-
1- الفرق في مقدار الطاقة اللازمة لكسر الاواصر الرابطة بين الايونات المكونة للمادة
2 - ومقدارماينتج من الطاقة لانتشار هذه الايونات في الماء

س/ كيف يمكن معرفة الاملاح الشحيحة الذوبان ؟
ج/ من خلال اعطاء الذوبانية او طلب حساب الذوبانية او اعطاء ثابت حاصل الذوبان K_{SP} عكس ذلك يعتبر الملح تام الاذابة

كيف يمكن حل الامثلة الخاصة بالذوبانية المولارية :-
1 - اذا كانت K_{SP} معلومة والمطلوب عدد المولات او الغرامات (الذوبانية المولارية S)
يجب تحديد نوع الملح وكتابة المعادلة وكتابة قانون ثابت الذوبان K_{SP} من الايونات الناتجة من تفكك الملح مضروبة بعدد مولاتها ومرفوعة لاس تلك المولات ثم جذرالطرفي نحصل على الذوبانية المولارية
2 - اما اذا كانت الذوبانية معلومة يمكن ان نستخرج K_{SP} من القانون الخاص به
3 - اما اذا كان المطلوب عدد المولات او الغرامات المترسبة نستخرج الذوبانية التي تمثل الجزء الذائب وتطرح من الاصلي ليكون الناتج هو المترسب من الملح الشحيح ويمكن ايجاد PH
اذا استخرجنا $[H^+][OH^-]$ ومن قانون $K_W = [H^+][OH^-]$ ثم $PH = -\log[H^+]$

مثال (3-13) احسب قيمة حاصل الاذابة K_{SP} لملح كبريتات الباريوم اذا علمت ان لتر واحد من محلوله المائي المشبع يحوي 0.0025g من ملح $BaSO_4$ الذائب

الاجابة:- اولاً نحول عدد الغرامات الى المولارية (S) :-

$$S(mole/L)=\frac{m(g/L)}{M(g/mole)} \Rightarrow S(mole/L)=\frac{0.0025(g/L)}{233(g/mole)}=1.1\times10^{-5}(mole/L)$$

الحل تكتب المعادلة اولاً :-

$$BaSO_{4(S)} \rightleftharpoons Ba^{+2}{}_{(aq)} + SO_4{}^{-2}{}_{(aq)}$$

$$(1.1\times10^{-5})(1.1\times10^{-5})$$

$$K_{SP}=[Ba^{+2}][SO_4{}^{-2}] \Rightarrow K_{SP}=(S)\times(S) \Rightarrow$$

$$K_{SP}=(1.1\times10^{-5})(1.1\times10^{-5}) \Rightarrow K_{SP}=1.21\times10^{-10}$$

مثال(3-14) اذا علمت ان ايون F^- في محلول يساوي $2\times10^{-2}M$ احسب ادنى تركيز من ايون Ca^- يكون لازماً وجودة في المحلول لبدء ترسيب فلوريد الكالسيوم $K_{SP}=(4.9\times10-11)$

الحل تكتب المعادلة اولاً:-

$$CaF_2 \rightleftharpoons Ca^{+2}{}_{(aq)} + 2F^-{}_{(aq)}$$

$$S \qquad 2S$$

ملاحظة:- اذا كانت قيمة الايون معلومة تحل محل 2S وترفع لأس مولاتها فقط

$$K_{SP}=[Ca^{+2}][F^-] \Rightarrow K_{SP}=(S)\times(2S)^2 \Rightarrow$$

$$4.9\times10^{-11}=(XM)(2\times10^{-2})^2 \Rightarrow [Ca^{+2}]=\frac{4.9\times10^{-11}}{4\times10^4}=1.225\times10^{-7}M$$

$$Q_{SP}=[Ca^{+2}][F^-]^2 \Rightarrow Q_{SP}=(1.23\times10^{-7})(4\times10^4) \Rightarrow Q_{SP}=4.92\times10^{-11}$$

اذن $Q_{SP}\geq K_{SP}$ المحلول فوق المشبع (يحصل الترسيب)

تمرين (3-13) احسب ثابت حاصل الذوبان K_{SP} لملح يودات الرصاص $Pb(IO_3)_2$ اذا علمت ان لتر واحد من المحلول المائي المشبع يحتوي على $3.9\times10^{-5}M$ منه ج / 2.4×10^{-13}

$$Pb(IO_3)_2 \rightleftharpoons Pb^{+2}{}_{aq} + 2IO_3{}^-{}_{aq}$$

$$3.9\times10^{-5} \qquad (2\times3.9\times10^{-5})^2$$

$$3.9\times10^{-5} \qquad (7.8\times10^{-5})^2$$

$$\Rightarrow K_{SP}=(3.9\times10^{-5})(7.8\times10^{-5})^2$$

$$K_{SP}=(3.9\times10^{-5})\times60.84$$

$$K_{SP}=237.276\times10^{-15}$$

$$K_{SP}=2.37\times10^{-13}\approx2.4\times10^{-13}$$

تمرين (3-14) اذا علمت ان لتراً واحداً من المحلول المشبع لكرومات الفضة Ag_2CrO_4 $(M=332g/mole)$ يحوي 0.0215g من الملح ، احسب K_{SP} لهذا الملح ج/ 1.09×10^{-12}

الاجابة : نحول عدد الغرامات الى المولارية

$$M=\frac{m(g/L)}{M(g/mole)}\Rightarrow S(mole/L)=\frac{0.0215(g/L)}{332(g/mole)}=6.48\times10^{-5}M$$

$$Ag_2CrO_4 \rightleftharpoons 2Ag^+ + CrO_4^{2-}$$
(2S) (S)

$$[Ag^+]^2=2(6.48\times10^{-5})=12.96\times10^{-5}$$

$$[CrO_4^{-2}]=(6.48\times10^{-5})$$

$$K_{SP}=[Ag^+]^2[CrO_4^{-2}]\Rightarrow K_{SP}=(12.96\times10^{-5})^2\times(6.48\times10^{-5})$$

$$K_{SP}=(167.9616\times10^{-10})\times(6.48\times10^{-5})$$

$$\Rightarrow K_{SP}=1088.3912\times10^{-15}\Leftrightarrow K_{SP}=1.09+10^{-12}$$

تمرين (3-15) احسب الذوبانية المولارية والذوبانية بدلالة (g/L)لملح كلوريد الفضة AgCl $(M=143.5g/mole)$ في محلوله عند حالة الاتزان اذا علمت ان $K_{PS}(AgCl)=1.8\times10^{-10}$

ج/ $1.34\times10^{-5}mole...1.92\times10^{-3}g/L$

الاجابة :-

$$AgCl_s \rightleftharpoons Ag_{(aq)}^{\ +} + Cl_{(aq)}^{\ -}$$
(S) (S)

$$K_{PS}=[Ag^+]\times[Cl^-]\Rightarrow K_{PS}=S^2$$

$$1.8\times10^{-10}=S^2\Rightarrow S=\sqrt{1.8\times10^{-10}}\Rightarrow S=1.34\times10^{-5}(mole/L)$$

$$m(g/L)=S\times M\Rightarrow g/L=1.34\times10^{-5}(mole/L)\times143.5(g/mole)$$

$$m(g/L)=192.290\times10^{-5}\Rightarrow m(g/L)=1.92\times10^{-5}(g/L)$$

تمرين(3-16) هل يتكون راسب عند مزج 10mL من 0.01M محلول يحتوي ايونات $SO_4^{\ 2-}$ و 10mL من 0.001M محلول يحتوي ايونات Ba^{2+} علماً ان $K_{SP}(BaSO_4)=1.6\times10^{-10}$

الاجابة:-

نستخرج الحجم بعد المزج $V_2(mL)=10mL+10mL=20mL$ وبعدها نستخرج تركيز كل منهما

نفرض الملح الاول M_2SO_4 ونجد التركيز من قانون التخفيف(الكترووليت قوي)

$$(M_1V_1)=(M_2V_2)\Rightarrow0.01\times\frac{10}{1000}=M_2\times\frac{20}{1000}$$

$$0.01\times0.01=M_2\times0.02\Rightarrow M_2=\frac{1\times10^{-4}}{2\times10^{-2}}=0.5\times10^{-2}M$$

اما الملح الثاني $BaSO_4$ نجد التركيز من قانون التخفيف (الشحيح الذوبان)

$$(M_1V_1)=(M_2V_2)\Rightarrow 0.01\times\frac{10}{1000}=M_2\times\frac{20}{1000}$$

$$0.001\times0.01=M_2\times0.02\Rightarrow M_2=\frac{1\times10^{-5}}{2\times10^{-2}}=0.5\times10^{-3}M$$

نكتب المعادلات لكل منهما

$$\begin{pmatrix} M_2SO_4 \rightarrow & 2M^+ + & SO_4^{-2} \\ & 2(0.5\times10^{-2}) & (0.5\times10^{-2}) \\ BaSO_4 \rightleftharpoons & Ba^{+2} + & SO_4^{-2} \\ & 0.5\times10^{-3} & 0.5\times10^{-3} \end{pmatrix}$$

الاملاح اعلاه تجهز المحلول بأيونات الكبريتات والباريوم .:.حاصل الذوبان للملح الشحيح الذوبان

$$BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^{+2} + SO_4^{-2}$$
$$(0.5\times10^{-3}) \qquad (0.5\times10^{-2})$$

$$Q_{SP}=[Ba^{+2}][SO_4^{-2}]\Rightarrow Q_{SP}=(0.5\times10^{-3})(0.5\times10^{-2})$$

$$Q_{SP}=0.25\times10^{-5}$$

بما ان حاصل الذوبان اكبر من ثابت حاصل الذوبان اي($Q_{SP}>K_{SP}$) .:.يحصل الترسيب للملح الشحيح الذوبان

س/ ما هي العوامل المؤثرة على الذوبانية ؟

ج/ اولاً :- درجة الحرارة ثانياً :- تأثير الايون المشترك ثالثاً :- تأثير الاس الهيدروجيني PH

اولاً :- درجة الحرارة:-

ان عملية ذوبان اي مادة يصاحبها امتصاص طاقة للتغلب على قوى الترابط بين مكونات المادة المذابة والتي نحصل عليها من انتشار الايونات في الوسط المائي مما يؤدي الى انخفاض او ارتفاع في درجة الحرارة المحلول اذن الفرق بين الطاقة الممتصة والمنبعثة تزداد ذوبانية معظم المواد الشحيحة الذوبان بزيادة درجة الحرارة ويختلف من مادة الى اخرى اما في حالة الانخفاض درجة حرارة المحلول تقل الذوبانية

ثانياً :- تأثير الايون المشترك:-

نوبانية اي الكتروليت ضعيف (ملح شحيح الذوبان) في حالة وجود الايون المشترك تنخفض اي زيادة في الايونات المشتركة لهذه المادة في المحلول وجود الايون المشترك ينعكس التفاعل بالاتجاه الخلفي وبالتالي تقل الذوبانية ويزداد الترسيب وحسب قاعدة لوشاتلية

س/ كيف تحل الامثلة الخاصة بالذوبانية بوجود الايون المشترك ؟

ج/ اولاً:- نفس خطوات حل امثلة الذوبانية

ثانياً :- كتابة المعادلات للملح الشحيح الذوبان والالكتروليت القوي المضاف ثم نجمع الايون المشترك بين الملح الشحيح الذوبان(y^-) والالكتروليت القوي (X) بشكل (y^-+X) وبعدها يهمل y^- ثم نطبق قانون K_{SP} للملح الشحيح الذوبان وكذلك يمكن ايجاد تركيز الالكتروليت القوي بعد اعطاء الذوبانية وبعد اضافة الالكتروليت القوي كما مبين في المثال التالي :-

مثال (3-15)

ماهي الذوبانية المولارية لملح يودات الباريوم $Ba(IO_3)_2$ $(K_{SP}=1.57\times10^{-9})$ (آ) في الماء النقي

(ب) في محلول يودات البوتاسيوم KIO_3 بتركيز 0.02mole ؟ ثم قارن النتائج
الاجابة :- تكتب المعادلة للملح الشحيح الذوبان

جواب (آ)

$$Ba(IO_3)_2 \rightleftharpoons Ba^{+}{}_{(aq)} + 2IO_3{}^{-}{}_{(aq)}$$
S 2S

$$K_{SP} = [Ba^{+}] + [IO_3{}^{-}] \Rightarrow 1.57\times10^{-9} = (S)(2S)^2$$

$$1.57\times10^{-9} = 4S^3 \Rightarrow S^3 = \frac{1.57\times10^{-9}}{4} = 0.3925\times10^{-9}$$

$$S = \sqrt[3]{0.3925\times10^{-9}} = 0.732\times10^{-3}(mole/L) \Rightarrow S = 7.32\times10^{-4}(mole/L)$$

(ب) KIO_3 ملح الكتروليت قوي تكتب المعادلات للقوي والضعيف (بوجود الايون المشترك)

$$Ba(IO_3)_2 \rightarrow Ba^{+}{}_{(aq)} + 2IO_3{}^{-}{}_{(aq)}$$
y y 2y

$$KIO_3 \rightarrow K^{+}{}_{(aq)} + IO_3{}^{-}{}_{(aq)}$$
0.02 0.02 0.02

بوجود الايون المشترك يهمل $2y$

$$K_{SP} = [Ba^{+}][IO_3{}^{-}]^2 \Rightarrow 1.57\times10^{-9} = (y)(0.02)^2$$

$$y = \frac{1.57\times10^{-9}}{0.0004} = 3.925\times10^{-6}(mole/L)$$

الذوبانية $Ba(IO_3)_2$ في الماء المقطر اكبر من مما هي عليه في محلول KIO_3 تكون النسبة بينهما هي :

$$\frac{7.3\times10^{-4}}{3.9\times10^{-6}} = 187$$

ثالثاً:- تأثير الاس الهيدروجيني :- تعتمد ذوبانية كثير من المواد على تركيز ايون H^+ ، OH^- و في المحلول يتغيرمقدار ذوبانية مع تغير قيمة P^H للمحلول ومن خلال تأثير الايون المشترك مثل $Mg(OH)_2$

$$Mg(OH)_{2(S)} \rightleftharpoons Mg^{+}{}_{(aq)} + 2OH^{-}{}_{(aq)}$$

(آ) اضافة (HCl) اليه يزداد[H^+] , (P^H) تقل لتكون الماء وبالتالي تزداد الذوبانية لان الملح يتفكك وكما في المعادلات الاتية :

$$Mg(OH)_{2(S)} \overset{\Rightarrow}{\rightleftharpoons} Mg^{+}{}_{(aq)} + 2OH^{-}{}_{(aq)}$$

$$HCl \rightarrow H^{+}{}_{(aq)} + Cl^{-}{}_{(aq)}$$

$$\Rightarrow H^{+}{}_{(aq)} + OH^{-}{}_{(aq)} \rightarrow H_2O$$

(ب) اضافة قاعدة مثلNaOH الى المحلول نلاحظ تقل الذوبانية لوجود الايون المشترك وتصبح زيادة في تركيز الايون المشترك$[OH^-]$ وينزاح التفاعل بالتجاه الخلفي مما يؤدي الى قلة الذوبانية وزيادة الترسيب كما في المعادلات الاتية :

$$Mg(OH)_{2(S)} \overset{\Leftarrow}{\rightleftharpoons} Mg^{+}{}_{(aq)} + 2OH^{-}{}_{(aq)}$$

$$NaOH \rightarrow H^{+}{}_{(aq)} + OH^{-}{}_{(aq)}$$

س/ كيف يمكن حل الامثلة الخاصة بالذوبانية ؟

ج/1- ايجاد $[H^+]$ اذا كانت PH معلومة من القانون التالي $[H^+]=10^{-PH}$ ثم $[OH^-]=\frac{1\times10^{-14}}{[H^+]}$

وبعدها تحل مكان ايون $2OH^-$ في معادلة تفكك الملح الشحيح الذوبان وترفع لاس مولاتها

2 – اذا كانت معلومة POH نجد $[OH^-]$ من القانون التالي $[OH^-]=10^{-POH}$ ثم

نكمل الحل كما في النقطة الاولى كما في الامثلة الاتية :-

مثال (3-16) احسب الذوبانية المولارية لهيدروكسيد المغنيسيوم $K_{SP}=1.8\times10^{-11}$ في محلول مائي ثبتت درجة حموضته عند $PH=10.5$ علماً ان $\log3.2=0.5$

(آ) يحسب $[H^+]$ في المحلول المائي الذي $P^H=10.5$ ثم نجد $[OH^-]$ من القانون التالي:

$$[H^+]=10^{-PH}\Rightarrow[H^+]=10^{-10.5}\Rightarrow[H^+]=10^{-10.5}\times10^{+11}\times10^{-11}$$

$$[H^+]=10^{0.5}\times10^{-11}\Rightarrow[H^+]=3.2\times10^{-11}(mole/L)$$

$$[OH^-]=\frac{K_W}{[H^+]}\Rightarrow[OH^-]=\frac{1\times10^{-14}}{[H^+]}=\frac{1\times10^{-14}}{3.2\times10^{-11}}=3.1\times10^{-4}(mole/L)$$

(ب) تكتب المعادلة الكيميائية الموزونة ثم نحسب الذوبانية المولارية نفرضها(S) ثم نعوض قيمة $[OH^-]$ محل

$$Mg(OH)_{2(S)}\rightleftharpoons Mg^{+2}{}_{(aq)}+2OH^-{}_{(aq)}$$

$$S\qquad 3.1\times10^{-4}M$$

$$K_{SP}=[Mg^{+2}][OH]^2\Rightarrow1.8\times10^{-11}=(S)\times(3.1\times10^{-4})^2\Rightarrow$$

$$1.8\times10^{-11}=(S)\times(9.61\times10^{-8})\Rightarrow S=\frac{1.8\times10^{-11}}{9.61\times10^{-8}}=1.9\times10^{-4}(mole/L)$$

تساوي الذوبانية المولارية للمركب $Mg(OH)_2$ في محلول عند $PH=10.5$

تمرين (3-18) احسب ذوبانية هيدروكسيد الخارصين في محلول ثبتت درجة حموضته عند (آ) $PH=6.0$ و(ب) $PH=9.0$ اذا علمت ان $K_{SP}=(Zn(OH)_2)=1.2\times10^{-17}$ الاجابة:-

$$PH=6.0\Rightarrow PH+POH=14\Rightarrow POH=14-PH\Rightarrow POH=14-6=8$$

$$[OH^-]=10^{-POH}\Rightarrow[OH^-]=10^{-8}$$

(آ) تكتب المعادلة الموزونة ونجد الذوبانية المولارية نفرضها (S)

$$Zn(OH)_2\rightleftharpoons Zn^{+2}{}_{(aq)}+2OH^-{}_{(aq)}$$

$$S\qquad 2S$$

$$K_{Sp}=[Zn^{+2}][OH^-]^2\Rightarrow1.2\times10^{-17}=(S)(10^{-8})^2$$

$$1.2\times10^{-17}=(S)(10^{-16})\Rightarrow S=\frac{1.2\times10^{-17}}{10^{-16}}=1.2\times10^{-1}\Rightarrow S=0.12M$$

ب

$$P^H=9.0\Rightarrow P^H+P^{OH}=14\Rightarrow P^{OH}=14-P^H\Rightarrow P^{OH}=14-9=5$$

$$[OH^-]=10^{-P^{OH}}\Rightarrow[OH^-]=10^{-5}$$

$$Zn(OH)_2\rightleftharpoons Zn^{+2}{}_{(aq)}+2OH^-{}_{(aq)}$$

$$S \qquad 10^{-5}$$

$$K_{Sp}=[Zn^{+2}][OH^-]^2\Rightarrow1.2\times10^{-17}=(S)(10^{-5})^2$$

$$1.2\times10^{-17}=(S)(10^{-10})\Rightarrow S=\frac{1.2\times10^{-17}}{10^{-10}}=1.2\times10^{-7}M$$

تقل الذوبانية

تمرين (3-19) ما هي اقل داله حامضية PH لمحلول يحوي ايون الحديد (III) بتركيز يساوي $2\times10^{-10}M$ التي اذا تم الوصول اليها او تجاوزها يبدأ راسب هيدروكسيد الحديد (III) بالظهور في المحلول علماً ان K_{SP} لهيدروكسيد الحديد (III) تساوي 5×10^{-38} ج/ 4.8

الجواب:-

$$K_{SP}=[Fe^{+3}][OH^-]^3$$

$$5\times10^{-38}=2\times10^{-10}(3S)^3$$

$$\Leftrightarrow \begin{pmatrix}Fe(OH)_3\rightleftharpoons Fe^{+3}{}_{(aq)}+3OH^-{}_{(aq)}\\ 2\times10^{-10} \qquad 3S\end{pmatrix}$$

$$[OH^-]^3=\frac{5\times10^{-38}}{2\times10^{-10}}=2.5\times10^{-28}\Leftrightarrow[OH^-]^3=250\times10^{-30}$$

$$[OH^-]=\sqrt[3]{250\times10^{-30}}=6.3\times10^{-10}M=[OH^-]$$

$$[H^+]=\frac{KW}{[OH^-]}=\frac{1\times10^{-14}}{6.3\times10^{-10}}=0.1587\times10^{-4}(mole/L)$$

$$PH=-\log[H^+]\Rightarrow PH=-\log0.1587\times10^{-4}$$

$$PH=4-\log0.1587\Rightarrow PH=4+0.799=4.799\approx4.8$$

ملاحظة / يمكن استعمال القوانين معرفة قيمة $[H^-]$ اذا كانت قيم PH تساوي كسور عشرية

كما مبين نأخذ الكسرالعشري +ماتبقى من العدد 1 ثم نجمعه مع قيمة العدد الصحيح PH

مثال PH = 9.3 الحل/

$$0.3+0.7=1\Rightarrow9+1=10$$

ثم ندخل $\log^{-1}$ لحساب $[H^-]$ كما مبين $[(+10-P^H)+(-10)]$

$$[H^+]=\log^{-1}[(10-9.3)+(-10)]\Rightarrow[H^+]=\log^{-1}0.7\times\log^{-1}(-10)$$

$$[H^+]=10^{0.7}\times10^{-10}\Rightarrow[H^+]=5\times10^{-10}M$$

ويمكن معرفة قيمة $\log X^y$ بالشكل الاتي

($\log X^y = y \times \log X$) و $\log X^y$ تعطى بالسؤال
ويمكن الاختصارذلك كما مبين

$$[H^+] = 10^{-PH} \Rightarrow [H^+] = (10^{-9.3} \times 10^{-10}) \times 10^{-10}$$

$$[H^+] = 10^{0.7} \times 10^{-10} \Rightarrow [H^+] = 5 \times 10^{-10}$$

حيث ان قيمة $\log 5 = 0.7$ نأخذ العدد الذي بجانب الوغارتم ويحل بدلا من $10^{0.7}$

حل أسئلة الفصل الثالث

س(3-1) اختر الجواب الصحيح مع بيان السبب بوضوح

1- $PH = 7$ لاحد المحاليل الاتية

آ- NH_4NO_3 ب- $NaNO_2$ ج- $NaNO_3$ الجواب $NaNO_3$ لانه لملح حامض قوي وقاعدة قوية

2- مقدار التغير في PH يكون كبير جداً عند اضافة HCI بتركيز عالي الى لتر من

آ- الماء المقطر ب- ماء البحر ج- محلول قاعدي الجواب :- الماء المقطرلان تركيز $[H^+]$ يزداد وبالتالي تنخفض قيمة PH بوحدات كبيرة

3- احد المحاليل الاتية تصل الى حالة الاتزان عند التأين

آ- H_2SO_4 ب- CH_3NH_2 ج- KOH الجواب CH_3NH_2 لانها قاعدة ضعيفه

س(3-2) جد مقدار التغير في قيمة PH للماء عند اضافة الى لتر منه المحاليل الاتية :

1- 1mL من HCl تركيز 10M 2- 1mL من NaOH تركيزه 10M

الحل (1) نستخرج التركيز المولاري علماً ان قيمة $PH_1 = 7$ للماء النقي

$$M_1 \times V_1 = M_2V_2 \Rightarrow 10(mole/L) \times 1mL \times \frac{1(L)}{1000(mL)} = M_2 \times 1(L)$$

$$M_2 = \frac{0.01(mole/L)(L)}{1(L)} = 0.01(mole/L)$$

$$\begin{pmatrix} HCl \rightarrow H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} \\ 0.1 \quad 0.1 \quad 0.1 \end{pmatrix} \Rightarrow$$

$$[H^+] = n[HCl] \Rightarrow [H^+] = 1 \times 0.01 = 0.01(mole/L)$$

$$PH_2 = -\log[H^+] \Rightarrow PH_2 = -\log 0.01 \Rightarrow PH_2 = 2$$

$$\Delta PH = PH_2 - PH_2 \Rightarrow \Delta PH = 2 - 7 = -5$$

(2) علماً ان قيمة $PH_1 = 7$

$$M_1 \times V_1 = M_2V_2 \Rightarrow 10(mole/L) \times 1mL \times \frac{1(L)}{1000(mL)} = M_2 \times 1(L)$$

$$M_2 = \frac{0.01(mole/L)(L)}{1(L)} = 0.01(mole/L)$$

$$\begin{pmatrix} NaOH \rightarrow OH^-_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \\ 0.1 \quad\quad 0.1 \quad\quad 0.1 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} [OH^-] = n[NaOH] \Rightarrow \\ [OH^-] = 1 \times 0.01 = 0.01 (mole/L) \end{bmatrix}$$

$$POH = -\log[OH^-] \Rightarrow POH = -\log 0.01 \Rightarrow \boxed{P^{OH} = 2}$$

$$POH + PH = 14 \Rightarrow PH_2 = 14 - 2 = 12$$

$$\boxed{\Delta PH = PH_2 - PH_1 \Rightarrow \Delta PH = 12 - 7 = 5}$$

س(3-3) ما عدد غرامات CH_3COOH $(M = 60g/mol)$ الواجب اضافتها الى $250mL$ من الماء المقطر ليصبح pH المحلول بعد الاضافة 2.7 علماً بأن PKa للحامض $= 4.74$ ج/ $3.3g$ الاجابة /

$$PKa = 4.74 \Rightarrow Ka = 10^{-pKa} \Rightarrow PKa = 10^{-4.74} \Rightarrow Ka = \log^-[(5-4.74)+(-5)]$$

$$Ka = \log^- 0.26 + \log^-(-5) \Rightarrow Ka = 10^{0.26} \times 10^{-5} \Rightarrow K_a = 1.8 \times 10^{-5}$$

$$PH = 2.7 \Rightarrow \begin{bmatrix} [H^+] = \log^-[(3-2.7)+(-3)] \Rightarrow [H^+] = \log^- 0.3 + \log^-(-3) \\ [H^+] = 10^{0.3} \times 10^{-3} \Rightarrow [H^+] = 2 \times 10^{-3} (mole/L) \end{bmatrix}$$

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$
$$XM \quad\quad 0 \quad\quad 0$$

$$Ka = \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{CH_3COOH} \Rightarrow 1.8 \times 10^{-5} = \frac{(2 \times 10^{-3})^2}{X}$$

$$X = \frac{4 \times 10^{-6}}{1.8 \times 10^{-5}} = 0.22 (mole/L) = [CH_3COOH]$$

$$m(g) = M(mole/L) \times V \times M(g/mole)$$

$$m(g) = 0.22 \times \frac{25\not{0}}{10\not{0}\not{0}} \times 6\not{0} \Rightarrow m(g) = 0.22 \times 2.5 \times 6$$

$$m(g) = 0.22 \times 15 = 3.30(g)$$

س(3-4) عدد مليغرامات يودات الباريوم $(M = 487g/mol)$ $K_{SP} = 1.57 \times 10^{-9}$ التي يمكن ان تذوب في $150mL$ من الماء النقي (ج $53.4mg$ الاجابة :- (1)

$$Ba(IO_3)_2 \rightleftharpoons Ba^{+2}_{(aq)} + 2IO_3^-(aq)$$
$$S \quad\quad S \quad\quad 2S$$

$$K_{SP} = [Ba^{+2}][IO_3^-]^2 \Rightarrow 1.57 \times 10^{-9} = (S)(2S)^2 \Rightarrow 1.57 \times 10^{-9} = 4S^3$$

$$S^3 = \sqrt{1.57 \times 10^{-9}} \Rightarrow S = \sqrt[3]{1.57 \times 10^{-9}} = 0.732 \times 10^{-3} (mole/L)$$

نجد عدد مولات الملح :

$$n(mole) = M(mole/L) \times V(L) \Rightarrow n(mole) = 0.732(mole/\cancel{L}) \times 0.15(\cancel{L})$$

$$n(mole) = 10.98 \times 10^{-5}(mole)$$

$$m(g) = n(mole) \times M(g/mole) \Rightarrow m(g) = 10.98 \times 10^{-5}(\cancel{mole}) \times 487(g/\cancel{mole})$$

$$m(g) = 0.0534(g) \Rightarrow m(mg) = 0.0534(\cancel{g}) \times \frac{1000(mg)}{1(\cancel{g})} = 53.4(mg)$$

س(5-3) اكمل الفراغات في الجدول الاتي :-

محلول	$[H^+]$	$[OH^-]$	PH	POH
حامض قوي HI 0.15M	0.15M	6.67×10^{-14}	0.82	13.18
حامض ضعيف HF 0.15M	0.955×10^{-2}	1.047×10^{-12}	PH = 2.019	POH = 11.98
قاعدة قوية RbOH 0.6	0.166×10^{-12}	0.06 M	12.8	1.22
قاعدة قوية $Ca(OH)_2$ 0.5M	1×10^{-13}	0.1M	13	11
قاعدة ضعيفة NH_4OH 0.75M	2.7×10^{-12}	3.67×10^{-3}	11.57	2.43

ويمكن الاجابة بشكل كامل لفائدة الطالب جواب:- (1) HI

$$\begin{pmatrix} HI \rightarrow & H^+(aq) & + I^-(aq) \\ 0.15 & 0 & 0 \\ 0 & 0.15 & 0.15 \end{pmatrix} \Leftrightarrow \boxed{\begin{array}{l} [H^+] = 0.15 \\ [OH^-] = \frac{K_W}{[H^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{0.15} = 6.6 \times 10^{-14} M \end{array}}$$

$$P^{OH} = -\log[OH^-] \Rightarrow \boxed{P^{OH} = -\log 6.6 \times 10^{-14} = 14 - 0.819 = 13.181}$$

$$P^{H} = -\log[H^+] \Rightarrow \boxed{P^{H} = -\log 0.15 = 0.82}$$

جواب:- (2) HF

$$\begin{pmatrix} HF & \rightleftharpoons H^+(aq) & + F^-(aq) \\ 0.15 & 0 & 0 \\ 0.15 - X & X & X \end{pmatrix} \Rightarrow \boxed{\begin{array}{l} K_a = \frac{[H^+][F^-]}{HF} \Rightarrow 6.5 \times 10^{-4} = \frac{X^2}{0.15 \times X} \\ X^2 = 0.975 \times 10^{-4} - 6.5 \times 10^{-4} \end{array}}$$

$$X^2 + 6.5 \times 10^{-4} X - 0.975 \times 10^{-4} = 0 \Rightarrow a = 1, b = 6.5 + 10^{-4}, c = -0.975$$

$$X = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \Rightarrow$$

$$X = \frac{-6.5\times10^{-4} + \sqrt{(6.5\times10^{-4})^2 - 4\times1(-0.975\times10^{-4})}}{2\times1}$$

$$X = \frac{-6.5\times10^{-4} + \sqrt{(42.25\times10^{-8}) + (3.9\times10^{-4})}}{2}$$

$$X = \frac{-6.5\times10^{-4} + \sqrt{(0.004225\times10^{-4}) + (3.9\times10^{-4})}}{2}$$

$$X = \frac{-6.5\times10^{-4} + \sqrt{(0.004225\times3.9)\times10^{-4}}}{2} \Rightarrow X = \frac{-6.5\times10^{-4} + \sqrt{3.904225\times10^{-4}}}{2}$$

$$X = \frac{-6.5\times10^{-4} + 1.975\times10^{-2}}{2} \Rightarrow X = \frac{-0.065\times10^{-4} + 1.975\times10^{-2}}{2}$$

$$X = \frac{1.91\times10^{-2}}{2} = 0.955\times10^{-2}M = [H^+] \Rightarrow [OH^-] = \frac{K_W}{[H^+]}$$

$$[OH^-] = \frac{1\times10^{-14}}{0.955} = 1.04712\times10^{-12}\,(mole/L)$$

$$p^H = -\log[H^+] \Rightarrow p^H = -\log 0.955\times10^{-2} \Rightarrow p^H = 2 + 0.019 = 2.019$$

$$p^{OH} = -\log[OH^-] \Rightarrow p^{OH} = -\log 1.04712\times10^{-12}$$

$$p^{OH} = 12 - 0.019 = 11.98 \approx 12$$

جواب:-(3) RbOH تركيزه 0.06M

$$\begin{pmatrix} RbOH \rightarrow Rb^{+1}{}_{(aq)} + OH^{-1}{}_{(aq)} \\ 0.06 \quad\quad 0.06 \quad\quad 0.06 \end{pmatrix} \Rightarrow \boxed{\begin{array}{l}[OH^-] = 0.06M \\ [H^+] = \dfrac{1\times10^{-14}}{0.06} = 0.166M\end{array}}$$

جواب(4)قاعدة قوية $Ca(OH)_2$

$$\begin{pmatrix} Ca(OH)_2 \rightarrow Ca^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)} \\ 0.05M \quad\quad 0.05M \quad 2(0.05)M \end{pmatrix} \Rightarrow [OH^-] = 0.1M$$

$$[H^+] = \frac{K_W}{[OH^-]} = \frac{1\times10^{-14}}{0.1} = 1\times10^{-13}M$$

$$POH = -\log[OH^-] \Rightarrow POH = -\log 0.1 \Rightarrow \boxed{POH = 1}$$

$$PH=-\log[H^+] \Rightarrow PH=-\log 1\times10^{-13} \Rightarrow \boxed{PH=13}$$

جواب (5) قاعدة ضعيفة NH_4OH

$$\begin{pmatrix} NH_4OH \rightleftharpoons & NH_4^{+1}{}_{(aq)} & OH^-{}_{(aq)} \\ 0.75 & 0 & 0 \\ 0.75-X & X & X \end{pmatrix}$$

$$\Leftrightarrow K_b=\frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_4OH]} \Rightarrow 1.8\times10^{-5}=\frac{X^2}{0.75}$$

$$X^2=1.8\times10^{-5}\times0.75 \Rightarrow X^2=13.5\times10^{-6} \Rightarrow$$

$$X=\sqrt{13.5\times10^{-6}}=3.67\times10^{-3} \Rightarrow [OH^-]=3.67\times10^{-3}(mole/L)$$

$$[H^+]=\frac{1\times10^{-14}}{[OH^-]} \Rightarrow [H^+]=\frac{1\times10^{-14}}{3.67\times10^{-3}}=0.27\times10^{-11}M$$

$$[H^+]=2.7\times10^{-12} \Rightarrow PH=-\log 2.7\times10^{-12} \Rightarrow PH=12-0.43$$

$$\boxed{PH=11.57} \Rightarrow POH+PH=14 \Rightarrow POH=14-11.57=\boxed{2.43}$$

س(3-6) ذوبانية $AgCl$ في محلوله المائي 1.34×10^{-5} احسب 1- ذوبانيته في $0.1M$ من $CaCl_2$

2- بين هل يترسب $AgCl$ في محلول يحتوي على ايونات Cl^- ، Ag^+ كلا منهما بتركيز 1×10^{-6} ولماذا؟

ج / 1- $9\times10^{-10}M$ 2- لا يترسب

الجواب :- من ذوبانيته في محلوله المائي نجد ثابت حاصل الذوبان K_{SP} نكتب معادلة الملح الشحيح الذوبان

$$\begin{pmatrix} AgCl \rightleftharpoons & Ag^+{}_{(aq)} & + & Cl^-{}_{(aq)} \\ & (1.43\times10^{-5}) & & (1.43\times10^{-5}) \end{pmatrix} \Rightarrow \boxed{\begin{array}{l} K_{SP}=[Ag^+][Cl^-] \\ K_{SP}=(1.43\times10^{-5})^2 \end{array}}$$

$$K_{SP}=1.8\times10^{-10}$$

1- نجد قيمة ذوبانيته في محلول يحتوي على $0.1M$ من $CaCl_2$ بوجود الايون المشترك

$$\begin{pmatrix} AgCl \rightleftharpoons Ag^+{}_{(aq)} + & Cl^-{}_{(aq)} \\ S & S \\ CaCl_2 \rightarrow Ca^{+2} + & 2Cl^- \\ 0.1 & 2(0.1)=0.2 \end{pmatrix} \Rightarrow \boxed{\begin{array}{l} K_{SP}=[Ag^+][Cl^-] \\ 1.8\times10^{-10}=S\times0.2 \\ S=\dfrac{1.8\times10^{-10}}{0.2}=9\times10^{-10}M \end{array}}$$

3- هل يترسب $AgCl$ في محلول يحتوي على ايوناته بتراكيز 10^{-6} مولاري

$$\left(\begin{array}{l} AgCl \rightleftharpoons Ag^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} \\ \quad\quad\quad 10^{-6} \quad\quad 10^{-6} \end{array}\right) \Rightarrow \boxed{\begin{array}{l} Q_{SP} = [Ag^+][Cl^-] \\ Q_{SP} = 10^{-6} \times 10^{-6} = 10^{-12} \end{array}}$$

بما ان حاصل الاذابة اقل من ثابت حاصل الذوبان $(K_{SP} > Q_{SP})$ ∴ **لا يحصل الترسيب**

س(3-7) ما تركيز الامونيا $[NH_3]$ في المحلول الذي يكون في حالة اتزان مع $[NH_4^+] = 0.01M$ و $[OH^-] = 1.2\times10^{-5}$ علماً ان ثابت تفكك الامونيا 1.8×10^{-5} ج/ 6.67×10^{-3}

الاجابة :- بما ان التراكيز المختلفة $[NH_4^+]$ و $[OH^-]$ تدل على وجود الايون المشترك (محلول بفر)

$$[OH^-] = K_b \times \frac{[base]}{[salt]} \Rightarrow 1.2\times10^{-5} = 1.8\times10^{-5} \times \frac{[base]}{0.01}$$

$$[base]1.8\times10^{-5} = 1.2\times10^{-5}\times0.01 \Rightarrow [base] = \frac{1.2\times10^{-5}\times0.01}{1.8\times10^{-5}}$$

$$[base] = \frac{12\times10^{-8}}{18\times10^{-6}} = 0.666\times10^{-2} \Rightarrow [base] = 6.67\times10^{-3}(mole/L) = [NH_3]$$

س(3-8) (أ) ما قيمة الاس الهيدروجيني لمزيج بفري مكون من حامض النتروز (HNO_2) $K_a(HNO_2) = 4.5\times10^{-4}$ بتركيز 0.12M ونتريت الصوديوم $NaNO_2$ بتركيز 0.15M ؟

(ب) احسب قيمة PH المحلول الناتج بعد اضافة 1.0g من هيدروكسيد الصوديوم $(M = 40g/mole)$ الى لتر واحد من محلول البفر ج/ 3.45 و 3.62

الاجابة :- حساب PH_1 قبل اضافة القاعدة (NaOH)

$$HNO_2 \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + NO_2^-{}_{(aq)}$$
0.12M

$$NaNO_2 \rightarrow Na^+_{(aq)} + NO_2^-{}_{(aq)}$$
0.15M

$$\Rightarrow PH = PKa + \log\frac{[salt]}{[acid]} \Rightarrow PH = -\log 4.5\times10^{-4} + \log\frac{0.15}{0.12}$$

$$PH = 4 - \log4.5 + \log1.25 \Rightarrow PH = 4 - 0.65 + 0.096$$

$$\Rightarrow PH = 3.350 + 0.096 = 3.45$$

بعد اضافة القاعدة نجد تركيز القاعدة الجديد ثم نجد الاس الهيدروجيني PH_2

$$n(mole) = \frac{m(g)}{M(g/mole)} = \frac{1(g)}{40(g/mole)} = 0.025(mole)$$

$$M = \frac{n(mole)}{V(L)} = \frac{0.025(mole)}{1L} = 0.025(mole/L)$$

$$\begin{pmatrix} NaOH \rightarrow Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \\ 0.025 \quad 0.025 \quad 0.025 \end{pmatrix} \Rightarrow [OH^-] = 0.025M$$

نلاحظ زيادة الملح ونقصان الحامض الضعيف بعد اضافة القاعدة

$$[Salt]_2 = [Salt]_1 + [OH^-] \Rightarrow [Salt]_2 = 0.15 + 0.025 = 0.175M$$

$$[acid]_2 = [acid]_1 + [OH^-] \Rightarrow [acid]_2 = 0.12 - 0.025 = 0.095M$$

$$PH_2 = PKa + \log\frac{[Salt]_2}{[acid]_2} \Rightarrow PH_2 = 3.35 + \log\frac{0.175}{0.095}$$

$$PH_2 = 3.35 + \log 1.84 \Rightarrow PH_2 = 3.35 + 0.27 = 3.62$$

س(3-9) اذا كان هناك حاجة لتحضير محلول بفر من مزج NH_3 مع NH_4^+ كم يجب ان تكون النسبة بين $\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]}$ ؟ علماً ان $PK_a = 4.74$ ـ $\log 1.8 = 0.26$ الاجابة:-

$$P^H + P^{OH} = 14 \Rightarrow P^{OH} = 14 - 9 = 5$$

$$NH_{3(g)} + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$NH_4Cl \rightarrow NH_4^+{}_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

الايون المشترك (محلول بفري)

$$POH = PKb + \log\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]} \Rightarrow 5 = 4.74 + \log\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]}$$

$$5 - 4.74 = \log\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]} \Rightarrow 0.26 = \log\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]}$$

بالقسمة على log نحصل

$$\frac{\log}{\log}1.8 = \frac{\log}{\log}\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]} \Rightarrow \frac{[NH_4^+]}{[NH_3]} = 1.82$$

س (3-10) ما ذوبانية $BaSO_4$ في محلول مائي مشبع منه علماً بان $K_{SP} = 1.6\times10^{-10}$
ما ذوبانيته بعد اضافة 1mL من H_2SO_4 تركيزه 10M الى لتر من المحلول المشبع منه
الاجابة :- قبل اضافة حامض الكبريتيك

$$BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^+{}_{(aq)} + SO_4^-{}_{(aq)}$$
$$\qquad\qquad S \qquad\quad S$$

$$\Rightarrow K_{SP} = [Ba^{+2}][SO^-_4] \Rightarrow 1.6\times10^{-10} = (S)(S)$$

$$1.6\times10^{-10} = S^2 \Rightarrow S = \sqrt{1.6\times10^{-10}} \Rightarrow S = 1.26\times10^{-5}M$$

الذوبانية المولارية قبل الاضافة تساوي $S = 1.26\times10^{-5}M$

الذوبانية بعد اضافة حامض الكبريتيك نحسب تركيز الحامض بعد الاضافة

$$M_1V_1 = M_2V_2 \Rightarrow 10\,(mole/L) \times \frac{1(L)}{1000} = M_2 \times 1L$$

$$M_2 = 0.01(mole/L) = [H_2SO_4]$$

$$BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^{+}{}_{(aq)} + SO_4^{-2}{}_{(aq)}$$
y y

$$H_2SO_4 \rightarrow 2H^{+}{}_{(aq)} + SO_4^{-2}{}_{(aq)}$$
0.01 2(0.01) 0.01

وجود الايون المشترك

$$\Rightarrow K_{SP} = [Ba^{+2}][SO_4^{-2}]$$

$$\Rightarrow 1.6 \times 10^{-10} = (y)(y+0.01)$$

$$\Rightarrow 1.6 \times 10^{-10} = 0.01y$$

$$y = \frac{1.6 \times 10^{-10}}{0.01} = 1.6 \times 10^{-8}(mole/L)$$ نلاحظ ان الذوبانية تقل بوجود الايون المشترك

س(11-3) احسب كتلة كلوريد الامونيوم $(M = 53.5g/mol)$ الواجب اضافتها الى 500mL من محلول 0.15M امونيا لجعل قيمة PH المحلول تساوي 0.9 علماً ان ثابت تفكك الامونيا 1.8×10^{-5} ج/ 7.22

الاجابة :- تكتب المعادلات من خلال وجود الايون المشترك تحل بقانون بفر

$$NH_{3(g)}\ H_2O \rightleftharpoons NH_4^{+}{}_{(aq)}\ OH^{-}{}_{(aq)}$$

$$NH_4Cl \rightarrow NH_4^{+}{}_{(aq)} + Cl^{-}{}_{(aq)}$$

وجود الايون المشترك

$$POH = PKb + \log\frac{[salt]}{[base]} \Rightarrow 5 = -\log 1.8 \times 10^{-5} + \log\frac{X}{0.15}$$

$$5 - 0.26 + \log\frac{X}{0.15} \Rightarrow 5 - 4.74 = \log\frac{X}{0.15}$$

$$0.26 = \log\frac{X}{0.15} \Rightarrow \log^{-} 0.26 = \frac{\log}{\log}\ \frac{X}{0.15} \Rightarrow$$

$$1.8 = \frac{X}{0.15} \Rightarrow X = 1.8 \times 0.15$$

$$[salt] = 0.27M$$

$$m(g) = M(mole/L) \times V(L) \times M(g/mole)$$

$$m(g) = 0.27(mole/L) \times \frac{500}{1000}(L) \times 53.5(g/mole)$$

$$m(g)_{NH_4Cl} = 0.27 \times 0.5 \times 53.5 = 7.22(g)$$

س(12-3) احسب الذوبانية المولارية mole/L والذوبانية بدلالة g/L لملح كبريتات الفضة Ag_2SO_4 $(PK_{SP} = 4.92, M = 314g/mole)$ في آ) الماء النقي ، ب) محلول 0.15M كبريتات البوتاسيوم K_2SO_4

علماً ان $\sqrt{20} = 4.47$ و $\sqrt[3]{3} = 1.44$ و $\log 1.3 = 0.08$ الاجابة:-

$$K_{SP} = 10^{-K_{SP}} \Rightarrow K_{SP} = 10^{-4.92}$$
$$K_{SP} = \log^{-}[(5-4.92)+(-5)] \Rightarrow K_{SP} = \log^{-} 0.08 \times \log^{-}(-5)$$
$$K_{SP} = 10^{0.08} \times 10^{-5} \Rightarrow K_{SP} = 1.2 \times 10^{-5}$$
$$Ag_2SO_4 \rightleftharpoons 2Ag^{+}_{(aq)}\ SO_4{}^{-2}_{(aq)}$$
$$2S \qquad S$$
$$\Leftrightarrow K_{SP} = [Ag^+]^2[SO_4{}^{-2}] \Rightarrow K_{SP} = (2S)^2(S) \Rightarrow K_{SP} = 4S^3$$
$$1.2\times10^{-5} = 4S^3 \Rightarrow S = \frac{1.2\times10^{-5}}{4} = 3\times10^{-6}M$$
$$S = \sqrt[3]{3\times10^{-6}} = 1.44\times10^{-2}$$
$$S(g/L) = M(mole/L)\times M(g/mole)$$
$$S(g/L) = 1.44\times10^{-2}(\cancel{mole}/L)\times 314(g/\cancel{mole}) = 4.5216(g/L)$$

$$Ag_2SO_4 \rightleftharpoons 2Ag^{+}_{(aq)} + SO_4{}^{-2}_{(aq)}$$
$$2y \qquad y$$
$$K_2SO_4 \rightarrow K^{+}_{(aq)} + SO_4{}^{-2}_{(aq)}$$
$$0.15 \qquad 2(0.15) \qquad 0.15$$
$$\Rightarrow [SO_4{}^{-2}] = y + 0.15$$

ايون مشترك y تهمل

$$K_{SP} = [Ag^+]^2[SO_4{}^{-2}]$$
$$12\times10^{-6} = (2y)^2(0.15)$$
$$12\times10^{-6} = 4y^2\times0.15$$
$$0.60y^2 = 12\times10^{-6} \Rightarrow y^2 = \frac{12\times10^{-6}}{0.60} = 20\times10^{-6}$$
$$y = \sqrt{20\times10^{-6}} = 4.47\times10^{-3}M$$
$$S(g/L) = M(mole/L)\times M(g/mole) \Rightarrow$$
$$(g/L) = 4.47\times10^{-3}(\cancel{mole}/L)\times 314(g/\cancel{mole})$$
$$S(g/L) = 1403.58\times10^{-3}(g/L) \approx S(g/L) = 1.40358(g/L)$$

س(3-13) ما عدد غرامات ملح كرومات الفضة Ag_2CrO_4 $(M = 332g/mole)$ التي يمكن ان تذوب في 100mL من الماء المقطر ؟ علماً بأن $K_{SP} = 1.1\times10^{-12}$ ج/ $2.161\times10^{-3}g$ و $\sqrt{0.275} = 0.65$

الاجابة:-

$$Ag_2CrO_4 \rightleftharpoons 2Ag^{+}_{(aq)} + CrO_4{}^{-2}_{(aq)}$$
$$2S \qquad S$$
$$\Rightarrow K_{SP} = [Ag^+]^2[CrO_4{}^{-2}] \Rightarrow 1.1\times10^{-12} = (2S)^2(S)^1 \Rightarrow 1.1\times10^{-12} = 4S^3$$
$$S^3 = \frac{1.1\times10^{-12}}{4} = 0.275\times10^{-12} \Rightarrow S = \sqrt[3]{0.275\times10^{-12}} = 0.65\times10^{-4}M$$
$$m(g) = M(mole/L)\times V(L)\times M(g/mole)$$

$$m(g)=0.65\times10^{-4}(mole/L)\times\frac{100}{1000}(L)\times332(g/mole)$$
$$m(g)=0.65\times10^{-4}\times0.1\times332(g)$$
$$m(g)=0.65\times10^{-5}\times332(g)=21580\times10^{-7}\approx 2.16\times10^{-3}(g)$$

س(3-14) م ذوبانية ملح كرومات الباريوم $BaCrO_4$ في محلول يكون فيه تركيز كلوريد الباريوم $BaCl_2$ (الكتروليت قوي) يساوي $0.1M$ ؟ اذا علمت ان $K_{SP}(BaCrO_4)=1.2\times10^{-10}$ ، ج/ $1.2\times10^{-9}M$

الاجابة :-

$$\begin{pmatrix} BaCrO_4 \rightleftharpoons & Ba^{+2}_{(aq)} & +CrO_4^{-2}{}_{(aq)} \\ & yM & y \\ BaCl_2 \rightarrow & Ba^{+2}_{(aq)} & 2Cl^-_{(aq)} \\ 0.1 & 0.1 & 0.1 \end{pmatrix}$$

الذوبانية المولارية بعد الاضافة

نهمل y

$$\Rightarrow [Ba^{+2}]=(0.1+y)$$
$$K_{SP}=[Ba^{+2}][CrO_4^{-2}]\Rightarrow$$
$$1.2\times10^{-10}=(0.1)\times y\Rightarrow y=\frac{1.2\times10^{-10}}{0.1}$$

$$y=1.2\times10^{-9}M$$

الذوبانية المولارية بوجود الايون المشترك

س(3-15)ما هي كتلة هيدروكسيد البوتاسيوم $(M=56g/mole)$ اللازم اضافتها الى $200mL$ من الماء لتصبح قيمة PH المحلول الناتج تساوي 11 ؟ ج/ $0.0112g$ الاجابة:-

$$PH+POH=14\Rightarrow POH=14-PH$$
$$POH=14-11=3\Rightarrow[OH^-]=1\times10^{-3}$$

$$\begin{pmatrix} KOH & \rightarrow K^+_{(aq)} & +OH^-_{(aq)} \\ 1\times10^{-3} & 1\times10^{-3} & 1\times10^{-3} \end{pmatrix}$$

$$m(g)=M(mole/L)\times V(L)\times M(g/mole)$$
$$m(g)=1\times10^{-3}(mole/L)\times\frac{200}{1000}(L)\times56(g/mole)$$
$$m(g)=1\times10^{-3}\times0.2\times56=1.12\times10^{-3}(g)$$
$$m(g)=0.0112(g)$$

س(3-16) لتر من محلول يحتوي على $0.01M$ من كل من ايونات Sr^{+2} ، Ba^{+2} اضيف اليه كمية من Na_2SO_4 الصلب ايهما يترسب اولاً $BaSO_4$ ام $SrSO_4$ ولماذا ؟ علماً ان $K_{SP}(SrSO_4)=3.8\times10^{-7}$
$K_{SP}(BaSO_4)=1.6\times10^{-10}$ ج / يترسب اولاً $BaSO_4$

الجواب / الملح الشحيح الذوبان هو الذي يمتلك اقل قيمة لثابت حاصل الذوبان هو الذي يترسب اولاً

1- نجد ايون $[SO_4^{-2}]$ لملح $BaSO_4$

$$\begin{bmatrix} BaSO_4 & \rightleftharpoons Ba^{+2}{}_{aq} & SO_4^{-2}{}_{aq} \\ 1.6\times10^{-10} & 0.01 & y \end{bmatrix} \Leftrightarrow \boxed{\begin{matrix} K_{SP}=[Ba^{+2}][SO_4^{-2}] \\ 1.6\times10^{-10}=(0.01)y \end{matrix}}$$

$$y=\frac{1.6\times10^{-10}}{0.01}=1.6\times10^{-8}mol/L=[SO_4^{-2}]$$

2- نجد $[SO_4^{-2}]$ لملح $SrSO_4$

$$\begin{bmatrix} SrSO_4 & \rightleftharpoons Sr^{+2}+SO_4^{-2} \\ 3.8\times10^{-7} & 0.01 \quad y \end{bmatrix} \Leftrightarrow \boxed{\begin{matrix} K_{SP}=[Sr^{+2}][SO_4^{-2}] \\ 3.8\times10^{-7}=(0.01)y \end{matrix}}$$

$$y=\frac{3.8\times10^{-7}}{0.01}=3.8\times10^{-5}mol/L=[SO_4^{-2}]$$

نقارن بين قيمة ايونات الكبريتات في الملحين نلاحظ ان ايون الكبريتات لملح $BaSO_4$ اقل

$[SO_4^{-2}]$ لملح $BaSO_4$ < $[SO_4^{-2}]$ لملح $SrSO_4$ ∴ الملح $BaSO_4$ هو الذي يترسب اولاً

س(3-17) احسب قيمة الاس الهيدروجيني لمحلول نتج من تخفيف 1mL من 10M حامض الهيدروكلوريك الى لتر بالماء ج / 2

يوجد قيمتان للحجوم في السؤال ∴ نستخدم قانون التخفيف

$$M_1V_1=M_2V_2 \Rightarrow 10\times\frac{1}{1000}=M_2\times1L \Rightarrow M_2=0.01mol/L$$

$$PH=-\log[H^+] \Rightarrow PH=-\log10^{-2} \Rightarrow PH=2$$

س(3-18) ان تركيز أيون الكالسيوم $(M=40g/mole)$ في بلازما الدم يساوي $0.1g/L$ فاذا كان تركيز أيون الاوكزالات فيه يساوي 1×10^{-7} هل تتوقع ان تترسب اوكزالات الكالسيوم CaC_2O_4 $PK_{SP}=8.64$

الاجابة :- نحول تركيز ايون الكالسيوم من عدد غرامات الى التركيز المولاري :-

$$[Ca^{+2}]=\frac{m(g/L)}{M(g/mole)}=\frac{0.1(g/L)}{40(g/mole)}=0.0025(mole/L)$$

$$K_{SP}=10^{-PK_{SP}} \Rightarrow K_{SP}=10^{-8.64}$$

$$K_{SP}=\log^{-}[(9-8.64)+(-9)] \Rightarrow K_{SP}=\log^{-}0.36\times\log^{-}(-9)$$

$$K_{SP}=10^{0.36}\times10^{-9} \Rightarrow \boxed{K_{SP}=2.3\times10^{-9}}$$

$$\begin{bmatrix} CaC_2O_4 \rightleftharpoons Ca^{+2}{}_{(aq)} & +C_2O_4^{-2}{}_{(aq)} \\ 0.0025 & 1\times10^{-7} \end{bmatrix} \Leftrightarrow \boxed{\begin{matrix} Q_{SP}=[Ca^{+2}][C_2O_4^{-2}] \Rightarrow \\ Q_{SP}=(0.0025)\times(1\times10^{-7}) \end{matrix}}$$

$$Q_{SP} = 25\times10^{-11}$$

بما ان الحاصل الايوني يساوي 2.5×10^{-10} وثابت حاصل الاذابة يساوي 2.3×10^{-9}

$(K_{SP} > Q_{SP})$ ∴ حاصل الاذابة اقل من ثابت حاصل الاذابة اذن لا يحصل الترسيب

س(19-3) محلول بفر يتكون من $0.02M$ من NH_4Cl و $0.01M$ من NH_3 اضيف الى لتر من المحلول 1mL من KOH بتركيز 10M احسب مقدار التغير في PH علماً بان $K_b(NH_3) = 1.8\times10^{-5}$

ج / $\Delta PH = 0.6$

محلول بفر يتكون من قاعدة ضعيفة - وملحها الحامضي 1- قبل الاضافة نجد PH لوجود الايون المشترك

$$POH_1 = PK_b + \log\frac{[Salt]}{[base]} \Leftrightarrow POH_1 = -\log1.8\times10^{-5} + \log\frac{0.02}{0.01}$$

$$POH_1 = 5 - 0.26 + \log2 \Rightarrow POH_1 = 4.74 + 0.30 = 5.04$$

$$PH_1 = 14 - POH_1 \Leftrightarrow PH_1 = 14 - 5.04 = 8.96$$

2- نجد تركيز KOH القاعدة المضافة نستخدم قانون التخفيف

$$M_1V_1 = M_2V_2 \Rightarrow 10 \times \frac{1}{1000} = M_2\times1L \Rightarrow M_2 = 0.01mol/L$$

$$[H^+] = 0.01mol/L$$

نلاحظ زيادة القاعدة ونقصان الملح نستخرج تركيز كل من القاعدة والملح كما مبين ادناه :

$$[base]_2 = [base]_1 + [OH] \Rightarrow [base]_2 = 0.01 + 0.01 = \boxed{0.02mol/L}$$

$$[Salt]_2 = [Salt]_1 + [OH] \Rightarrow [Salt]_2 = 0.02 - 0.01 = \boxed{0.01mol/L}$$

نجد PH_2 عند التراكيز الجديدة كما مبين :

$$POH_2 = PK_b + \log\frac{[Salt]_2}{[base]_2} \Leftrightarrow POH_2 = 4.74 + \log\frac{0.01}{0.02}$$

$$POH_2 = 4.74 + \log0.5 \Rightarrow POH_2 = 4.74 - 0.30 = \boxed{4.44}$$

$$PH_2 = 14 - POH_2 \Leftrightarrow PH_2 = 14 - 4.44 = \boxed{9.56}$$

$$\Delta PH = PH_2 - PH_1 \Leftrightarrow \Delta PH = 9.56 - 8.96 = \boxed{0.6}$$

س(20-3) الذوبانية المولارية $Pb(IO_3)_2$ من محلول من $0.1M$ من $NaIO_3$ تساوي $2.4\times10^{-11}M$ احسب الذوبانية المولارية $Pb(IO_3)_2$ في محلوله المائي المشبع ج / $3.9\times10^{-5}M$

بوجود الايون المشترك نجد K_{SP}

$$\left[\begin{array}{l} Pb(IO_3)_2 \rightleftharpoons Pb^{+2} + 2IO_3^- \\ \qquad\qquad\quad S \qquad 2S \end{array}\right] \Leftrightarrow \boxed{\begin{array}{l} K_{SP} = (S)(2S)^2 \\ K_{SP} = 4S^3 ......(1) \end{array}}$$

ثم نجد الذوبانية المولارية

نهمل تركيز IO_3^- من الملح الشحيح الذوبان

$$\left[\begin{array}{l} Pb(IO_3)_2 \rightleftharpoons Pb^{+2} + 2IO_3^- \\ \quad\quad S \quad\quad 2S \\ NaIO_3 \rightarrow Na^+_{aq} + IO_3^-{}_{aq} \\ 0.1M \quad 0.1M \quad 0.1M \end{array}\right] \Leftrightarrow \begin{array}{l} K_{SP} = [Pb^{+2}][IO_3^-]^2 \\ K_{SP} = (2.4\times10^{-11})(0.1)^2 \\ K_{SP} = 2.4\times10^{-11}\times10^{-2} \\ K_{SP} = 2.4\times10^{-13} \end{array}$$

ثم نعوض قيمة K_{SP} في المعادلة الاولى ومنها نجد الذوبانية المولارية

$$K_{SP} = 4S^3 \Leftrightarrow 2.4\times10^{-13} = 4S^3$$

$$S^3 = \frac{24\times10^{-14}}{4} = 60\times10^{-15} \Leftrightarrow S\sqrt[3]{60\times10^{-15}} = \boxed{3.9\times10^{-5} mol/L}$$

س(3-21) الاس الهيدروجيني لمحلول مشبع من $Fe(OH)_2$ يساوي 9.5 احسب ذوبانيته في محلول له ثبتت حامضيته عند $PH = 10$ ج / 1.35×10^{-6}

بما ان $PH = 9.5$ نجد POH ومنها نجد تركيز $[OH^-]$

$$PH + POH = 14 \Rightarrow POH = 14 - PH \Rightarrow POH = 14 - 9.5 = 4.5$$

$$[OH^-] = 10^{-POH} \Rightarrow [OH^-] = 10^{-4.5}\times10^{+5}\times10^{-5}$$

$$[OH^-] = 10^{0.5}\times10^{-5} \Leftrightarrow [OH^-] = \boxed{3.16\times10^{-5}}$$

ثم نكتب معادلة الملح الشحيح الذوبان ونعوض قيمة التركيز $\boxed{3.16\times10^{-5}} = [OH^-]$ في الايونات الناتجة من تفكك الملح

$$\left[\begin{array}{lll} Fe(OH)_2 \rightleftharpoons & Fe^{+2}_{aq} \quad + & 2OH^-_{aq} \\ & \frac{3.16\times10^{-5}}{2} & (3.16\times10^{-5})^2 \\ & 1.58\times10^{-5} & 9.9856\times10^{-10} \end{array}\right] \Leftrightarrow \begin{array}{l} K_{SP} = [Fe^{+2}][OH^-]^2 \\ K_{SP} = 1.58\times10^{-5}\times9.9856\times10^{-10} \\ K_{SP} = 15.77\times10^{-15} \end{array}$$

ومن قيمة $PH = 10$ نجد POH ومنها نجد تركيز $[OH^-]$

$$PH + POH = 14 \Rightarrow POH = 14 - PH \Rightarrow POH = 14 - 10 = 4$$

$$[OH^-] = 10^{-POH} \Rightarrow [OH^-] = 10^{-4}$$

ثم نكتب معادلة الملح الشحيح الذوبان ونعوض قيمة التركيز $10^{-4} = [OH^-]$ في الايونات الناتجة من تفكك الملح

$$\left[\begin{array}{lll} Fe(OH)_2 \rightleftharpoons & Fe^{+2}_{aq} & 2OH^-_{aq} \\ & (S)^1 & (10^{-4})^2 \end{array}\right] \Leftrightarrow \begin{array}{l} K_{SP} = [Fe^{+2}][OH^-]^2 \\ 15.77\times10^{-15} = S\times10^{-8} \end{array}$$

$$S = \frac{15.77\times10^{-15}}{1\times10^{-8}} = \boxed{1.577\times10^{-6} mol/L}$$

س(3-22) احسب التغير في الاس الهيدروجيني لمحلول من الفينول تركيزه 0.2M بعد تخفيفه بالماء لمئة مرة ؟ علماً بان ثابت تأين الفينول = 1.3×10^{-10} ج / 1

نجد تركيز $[H^+]$ قبل التخفيف للفينول

$$[H^+]=\sqrt{Ka\times[acid]}\Rightarrow[H^+]=\sqrt{1.3\times10^{-10}\times2\times10^{-1}}=\sqrt{2.6\times10^{-11}}$$
$$[H^+]=\sqrt{26\times10^{-12}}=\boxed{5.1\times10^{-6}mole/L}$$
$$PH_1=-\log[H^+]\Rightarrow PH_1=-\log5.1\times10^{-6}\Rightarrow PH_1=6-\log5.1$$
$$PH_1=6-0.7=\boxed{5.3}$$

بعد التخفيف نجد التركيز الجديد للفينول من

عدد مرات التخفيف = $\frac{M_1}{M_2}\Leftarrow$

$100=\frac{0.2}{M_2}\Rightarrow M_2=\frac{0.2}{100}=0.002mole/L$ وبعدها نجد تركيز $[H^+]$ بعد التخفيف

$$[H^+]=\sqrt{Ka\times[acid]}\Rightarrow[H^+]=\sqrt{1.3\times10^{-10}\times2\times10^{-3}}=\sqrt{26\times10^{-14}}$$
$$[H^+]=\boxed{5.1\times10^{-7}mole/L}$$
$$PH_2=-\log[H^+]\Rightarrow PH_2=-\log5.1\times10^{-7}\Rightarrow PH_2=7-\log5.1$$
$$PH_2=7-0.7=\boxed{6.3}$$
$$\Delta PH=PH_2-PH_1\Rightarrow\Delta PH=6.3-5.3=\boxed{1}$$

س(3-23) محلول من حامض ضعيف النسبة المئوية لتأينه 1% و $PH=2.7$ مزج مع المشتق منه تركيزه 0.1M ما PH المحلول الناتج بعد المزج ؟ ج / $PH=4.4$

الجواب نجد الجزء المتأين من الحامض من $PH=2.7$

$$[H^+]=10^{-PH}\Rightarrow[H^+]=10^{-2.7}\times10^{+3}\times10^{-3}\Rightarrow[H^+]=10^{0.3}\times10^{-3}$$
$$[H^+]=2\times10^{-3}mole/L$$

ومن النسبة المئوية نجد تركيز الحامض

$$\frac{1}{100}=\frac{2\times10^{-3}}{[acid]}\Rightarrow[acid]=100\times2\times10^{-3}=0.2mole/L$$

ثم نجد ثابت تفكك الحامض

$$Ka=\frac{[H^+]}{[acid]}=\frac{(2\times10^{-3})^2}{0.2}=\frac{4\times10^{-6}}{0.2}=\boxed{2\times10^{-5}}$$

وبعدها نجد PH من قانون الايون المشترك

$$PH=PKa+\log\frac{[salt]}{[acid]}\Rightarrow PH=-\log2\times10^{-5}+\log\frac{0.1}{0.2}$$
$$PH=5-\log2\times\log1-\log2\Rightarrow PH=5-0.3-0.3$$
$$PH=4.7-0.3=\boxed{4.4}$$

س(24-3) اضيف 0.05mol من محلول $Ba(OH)_2$ مرة الى لتر من الماء المقطر ومرة اخرى الى لتر من محلول مكون من HCN و NaCN كل منهما بتركيز 0.3M كم سيكون مقدار التغير في قيمة PH في الحالتين علما ان $Ka(HCN)=6\times10^{-10}$ ج / مع الماء $\Delta PH=6$ ، مع بفر $\Delta PH=0.3$

الجواب بما ان الحجم لتر واحد $\therefore (n=M)$ **علماً ان PH_1 للماء المقطر تساوي 7 قبل الاضافة**

الماء بعد اضافته الى $Ba(OH)_2$

$$\begin{bmatrix} Ba(OH)_2 \rightarrow & Ba^+ + & OH^- \\ 0.05 & 0 & 0 \\ 0.05 & 0.05 & 2(0.05) \\ 0 & 0.05 & 0.1 \end{bmatrix} \Leftrightarrow \begin{array}{|l|} \hline [OH^-]=0.1mole/L \\ POH=-\log 0.1=1 \\ POH+PH=14 \\ PH=14-1=13 \\ \hline \end{array}$$

$$\Delta PH=PH_2-PH_1 \Rightarrow \Delta PH=13-7=\boxed{6}$$

قبل اضافة القاعدة $Ba(OH)_2$ الى المحلول الثاني نجد PH_1 بما ان الحجم لتر واحد
$\therefore$ **المولارية تساوي المولات $(M=n)$ يتكون من ايون مشترك بين HCN,NaCN**

$$\begin{pmatrix} HCN \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + & \boxed{CN^-_{(aq)}} \\ 0.3 & \\ NaCN \rightarrow Na^+_{(aq)} & \boxed{CN^-_{(aq)}} \\ 0.3 & \end{pmatrix}$$

$$PH_1=PK_a+\log\frac{[Salt]}{[acid]} \Leftrightarrow PH_1=-\log 6\times10^{-10}+\log\frac{0.3}{0.3}$$

$$PH_1=10+(-\log 6)+\log 1 \Rightarrow PH_1=10-0.8=9.2$$

بعد اضافة القاعدة $Ba(OH)_2$ تركيز $[OH^-]=0.1mole/L$ نلاحظ زيادة الملح ونقصان الحامض

$$[acid]_2=[acid]_1-[OH] \Rightarrow [acid]_2=0.3-0.1=\boxed{0.2mol/L}$$

$$[Salt]_2=[Salt]_1+[OH] \Rightarrow [Salt]_2=0.3+0.1=\boxed{0.4mol/L}$$

$$PH_2=PK_a+\log\frac{[Salt]}{[acid]} \Leftrightarrow PH_2=9.2+\log\frac{0.4}{0.2}$$

$$PH_2=9.2+\log 2 \Rightarrow PH_2=9.2+0.30=9.5$$

$$\Delta PH=PH_2-PH_1 \Rightarrow \Delta PH=9.5-9.2=\boxed{0.3}$$

الفصل الرابع 4
تفاعلات التأكسد والاختزال والكيمياء الكهربائية
Redox Reactions and Electrochemistry

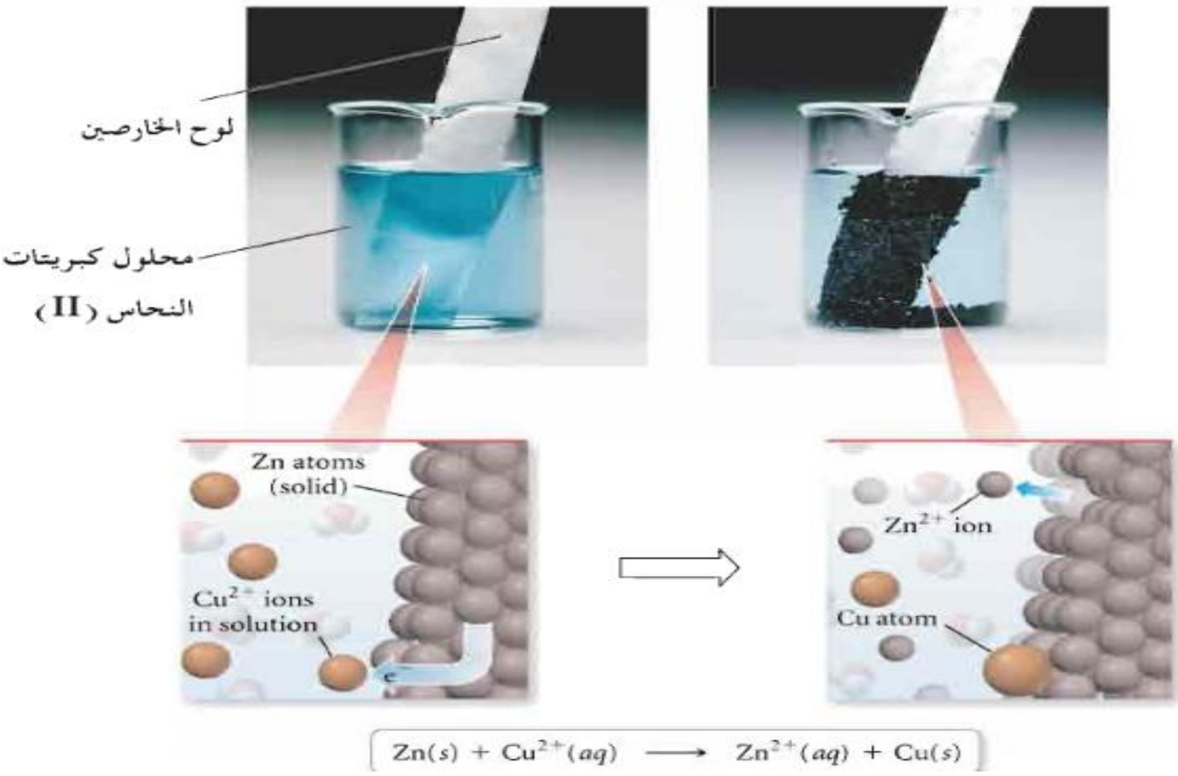


الكيمياء للصف السادس العلمي الفصل الرابع الكهربائية(تطبيقي)

تعاريف- تعاليل – فروقات – قوانين حلول بعض الأمثلة والتمرينات واسئلة الكتاب

اعداد الأستاذ رحيم عبد جواد الأعاجيبي(اعدادية الرميثة للبنين)

رقم الهاتف 07804010634



الكيمياء الكهربائية :- هي فرع من فروع علم الكيمياء ويختص بدراسة التحولات بين الطاقة الكيميائية والطاقة الكهربائية وهنالك تفاعلات هي :

(آ) تفاعلات مولدة للطاقة الكهربائية وفيها تتحول الطاقة الكيميائية الى الطاقة الكهربائية مثل بطارية السيارة والبطارية الجافة

(ب) تفاعلات مستهلكة للطاقة الكهربائية فيها تتحول الطاقة الكهربائية الى طاقة كيميائية مثل خلايا الطلاء الكهربائي

عمليات الكهروكيميائية :- هي تفاعلات تأكسد واختزال ويتم فيها انبعاث طاقة نتيجة التفاعل التلقائي وتتحول الطاقة الكيميائية الى طاقة كهربائية لانجاز التفاعل الغير تلقائي

اعداد التأكسد:- هي عدد الالكترونات السالبة والموجبة والصفر وتكتب فوق الذرة أو المجموعة المشتركة بالصيغة الكيميائية

س/ كيف يمكن معرفة أعداد التأكسد ؟

اولاً:- اذا كان المركب لا توجد علية اي شحنة (مركب متعادل)
(مجموع أعداد التأكسد للذرات المشتركة بالمركب = صفر) كما في بعض الأمثلة الاتية :

$$(NaCl, KCl, CaBr_2)$$

$$NaCl \Rightarrow Na = +1, Cl = -1 \Rightarrow NaCl = +1 - 1 = 0$$

$$KCl \Rightarrow K = +1, Cl = -1 \Rightarrow KC = +1 - 1 = 0$$

$$CaBr_2 \Rightarrow Ca = +2, Br = -1 \Rightarrow CaBr_2 = +2 + 2(-1) = 0$$

ثانياً:- اذا كان المركب توجد علية شحنة (ايون) (مجموع أعداد التأكسد للذرات الايون = شحنة الايون) كما في الامثلة الاتية :

$$H_2PO_4^{-2} \Rightarrow H = +1, P = ? O = -2$$

$$(1) + P + 4(-2) = -2 \Rightarrow 1 + P - 8 = -2$$

$$P - 7 = -2 \Rightarrow P = -2 + 7 \Rightarrow \boxed{P = 5}$$

ثالثاً:- عدد تأكسد الهيدروجين (+1) ما اعدا الهيدريدات(-1) مثل H_2O عدد تأكسد الهيدروجين يساوي (+1) بينما NaH يكون عدد تأكسد الهيدروجين يساوي(-1)

رابعاً:- عدد تأكسد للأوكسجين(-2) ما اعدا البيروكسيدات (-1) عدد تأكسد للأوكسجين للماء يساوي(-2) وبيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 عدد تأكسد للأوكسجين يساوي (-1)

خامساً :- اعداد تأكسد الزمرة الاولى هو (+1) = Li, Na, K, Rb اعداد تأكسد الزمرة الثانية هو (+2) = Be, Mg, Ca, Sr و اعداد تأكسد الزمرة الثالثة هو (+3) = B, Al, Ga, In
اعداد تأكسد الزمرة السابعة (الهالوجينات) هو (-1)= F, Cl, Br, I

تمرين (1-4) احسب عدد تأكسد العناصر المشار اليها باللون الاحمر في المركبات والايونات الاتية :

$$MnO_4^{-1}, K_2Cr_2O_7, NaIO_3, H_2SO_4, H_2CO_3, HPO_4^{-2}$$

الاجابة:-

$$MnO_4^{-1} \Rightarrow Mn + 4(-2) = -1 \Rightarrow Mn - 8 = -1$$

$$Mn = -1 + 8 \Rightarrow \boxed{Mn = +7}$$

$$K_2Cr_2O_7 \Rightarrow 2(+1) + 2Cr + 7(-2) = 0$$

$$2+2Cr-14=0 \Rightarrow 2Cr=+12 \Rightarrow Cr=\frac{12}{2}=6 \Rightarrow \boxed{Cr=6}$$

$$NaIO_3 \Rightarrow 1+I+3(-2)=0 \Rightarrow I-5=0 \Rightarrow \boxed{I=+5}$$

$$H_2SO_4 \Rightarrow 2(1)+S+4(-2)=0 \Rightarrow 2+S-8=0$$

$$S-6=0 \Rightarrow \boxed{S=+6}$$

$$H_2CO_3 \Rightarrow 2(1)+C+3(-2)=0 \Rightarrow C-4=0 \Rightarrow \boxed{C=+4}$$

$$HPO_4^{-2} \Rightarrow 1+P+4(-2)=-2 \Rightarrow P-7=-2 \Rightarrow P=-2+7$$

$$\boxed{P=+5}$$

تفاعلات التأكسد والاختزال/هي عمليتان متلازمتان ونوع مهماً من التفاعلات الكيميائية تتضمن انتقال الالكترونات من ذرة الى اخرى مثل الطاقة الناتجة من احتراق الوقود والتيار الكهربائي الذي نحصل عليه من البطاريات وصدأ الحديد

التأكسد (Oxidation) :- عبارة عن تغير كيميائي يصحبه فقدان في الالكترونات من ذرة او مجموعة من الذرات ويؤدي لزيادة في اعداد التأكسد

يتحول فيها عدد التأكسد من الاقل الى الاكبر اي هي عملية يصاحبها فقدان بعدد الالكترونات في النواتج وتحدث عند القطب الانود الموجب **(Eanode)** $Na^0 \rightarrow Na^+ + e^-$ وتعتبر عامل مختزل يجب تساوي عدد الالكترونات عند الانود والكاثود ثم يتم حذفها من تفاعلات التأكسد والاختزال بعد جمع التفاعلات

الاختزال (Reduction) عبارة عن تغير كيميائي تكتسب فيه الذرة او مجموعة من الذرات الكترونات يصاحبها نقصان في عدد التأكسد للعنصر

يتحول فيها عدد التأكسد من الاكبر الى الاقل وتعاني اختزال وتحدث عند قطب الكاثود **Ecathod**

مثل $Cl_2^0 + 2e^- \rightarrow 2Cl^{-1}$

س/ لا يمكن ان تحدث عملية التأكسد دون عملية اختزال؟ ج/ لان المادة التي تتأكسد تقابلها مادة تختزل

س/ كيف نحصل على التفاعل العام لعملية التأكسد والاختزال؟ ج/ من جمع معادلتي التأكسد والاختزال بعد حذف عدد الالكترونات المفقودة (تأكسد)والمكتسبة (اختزال)

$$\left(2Na^0 \rightarrow 2Na^{+1} + \cancel{2e^-}\right)E_{anode}$$

$$\left(Cl_2^{\ 0} + \cancel{2e^-} \rightarrow 2Cl^{-1}\right)E_{Cathode}$$

$$\overline{2Na + Cl_2 \rightarrow 2Na^{+1} + 2Cl^{-1} E^0_{cell}}$$

س/ كيف يمكن معرفة التفاعل تأكسد ام اختزال؟

ج/ من معرفة التغيرات بأعداد التأكسد واذا لم يحدث تغير بأعداد التأكسد لا يمثل تفاعل تأكسد واختزال مثال على ذلك

$$P^{+5}Cl_5^{-1} + 4H_2^{+1}O^{-2} \rightarrow H_3^{+1}P^{+5}O_4^{-2} + 5H^{+1}Cl^{-1}$$

لا يعتبر تفاعل تأكسد واختزال لعدم حدوث تغير في اعداد التأكسد



يعتبر تفاعل تأكسد واختزال حدوث تغير في اعداد التأكسد

تمرين (4-2) حدد الذرات التي تعاني تأكسداً وتلك التي تعاني اختزالاً في التفاعلات التالية مع كتابة انصاف التفاعل للتأكسد والاختزال

$$Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu ----(1)$$

$$Mg + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2 --(2)$$

ج(1) :- ان Zn يتحول عدد تأكسده من الصفر الى+2 وهذا يمثل تفاعل تأكسد لان زيادة بأعداد التأكسد بينما النحاس يمثل تفاعل اختزال لان هنالك نقصان بأعداد التأكسد اي يتحول من +2 الى صفر وكما مبين

$(1)\ Zn^0 \rightarrow Zn^{+2} + 2e^-$ تفاعل تأكسد (أنود)

$(2)\ Cu^{+2} + 2e^- \rightarrow Cu^0$ تفاعل اختزال (كاثود)

ج/ (2) تحول $\left(Mg^0 \rightarrow Mg^{+2}\right)$ تعاني تأكسد لزيادة عدد التأكسد

وتحول $\left(H^{+1} \rightarrow H_2{}^0\right)$ تعاني اختزال لنقصان عدد التأكسد

$Mg^0 \rightarrow Mg^{+2} + \cancel{2e^-}$ تفاعل تأكسد (انود)

$2H^+ + \cancel{2e^-} \rightarrow H_2{}^0$ تفاعل اختزال (كاثود)

$$Mg + 2H^+ \rightarrow Mg^{+2} + H_2$$

العامل المختزل / هو المادة التي تتأكسد وتسبب اختزالاً لمادة أخرى ويفقد الالكترونات ويزداد عدد تأكسده خلال تفاعل التأكسد والاختزال كما في تفاعل عنصر النحاس مع حامض النتريك المركز يمثل العامل المختزل والذي يتأكسد بسبب فقدان الذرة الواحدة منه الكترونين ويزداد عدد تأكسده ($Cu^0 + 4HN^{+5}O_3 \rightarrow Cu^{+2}(NO_3)_2 + 2N^{+4}O_2 + 2H_2O$)

العامل المؤكسد/ هو المادة التي لها القدرة على اكسدة مادة أخرى اي المادة التي تختزل وتسبب تأكسد لمادة أخرى ويكتسب الالكترونات ويقل عدد تأكسده خلال تفاعل التأكسد والاختزال وفي المثال اعلاه يعد حامض النتريك هو العامل المؤكسد لان عدد تأكسد النتروجين N يتغير من +5 الى+4 بسبب اكتساب N الكتروناً واحداً

تمرين (4-3) حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في كل من التفاعلات الاتية :

$$2C_{(S)} + O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{(g)}\ (1)$$

$$Mg_{(S)} + Cl_{2(g)} \rightarrow MgCl_{2(s)}\ (2)$$

$$Mg_{(S)} + Fe^{2+}{}_{(aq)} \rightarrow Mg^{2+}{}_{(aq)} + Fe_{(S)}\ (3)$$

ج:- اولاً :- تحول $\left(C^{0}{}_{(s)} \rightarrow C^{2+}\right)$ يمثل عامل مختزل و تحول $\left(O_2{}^{0} \rightarrow O^{2-}\right)$ يمثل عامل مؤكسد

ثانياً:- تحول $\left(Mg^{0}{}_{(S)} \rightarrow Mg^{2+}\right)$ يمثل عامل مختزل وتحول $\left(Cl^{0}{}_{2(g)} \rightarrow Cl_2{}^{-1}\right)$ يمثل عامل مؤكسد

ثالثاً:- تحول $\left(Mg^{0}{}_{(S)} \rightarrow Mg^{2+}\right)$ يمثل عامل مختزل وتحول $\left(Fe^{+2}{}_{(aq)} \rightarrow Fe_{(s)}\right)$ يمثل عامل مؤكسد

تمرين (4-4) هل يحتاج حدوث انصاف التفاعلات الاتية لعامل مؤكسد ام مختزل ولماذا ؟

آ- $Mg \rightarrow Mg^{+2} + 2e^{-}$ ب- $Ce^{4+} + e^{-} \rightarrow Ce^{3+}$ ج- $4H^{+}aq + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)}$

الجواب :- (آ) عامل مختزل لانه المغنسيوم المادة التي تتأكسد وتسبب اختزالاً لمادة اخرى
(ب) عامل مؤكسد لانه Ce المادة التي تختزل وتسبب تأكسد لمادة اخرى
(ج) الهيدروجين عامل مؤكسد لانه المادة التي تختزل وتأكسد الاوكسجين

تمرين (4-5) اكتب معادلات نصفي التفاعل في التفاعلات الاتية :

(آ) $2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + 2O_2$ (ب) $Cl_2 + 2OH^{-} \rightarrow Cl^{-} + ClO^{-} + H_2O$

الجواب :- (آ) تفاعل تأكسد $2H_2O_2 \rightarrow 2O_2$ وتفاعل اختزال $2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O$

(ب) تفاعل تأكسد $2OH^{-} \rightarrow ClO^{-} + H_2O$ وتفاعل اختزال $Cl_2 \rightarrow Cl^{-}$

التأكسد والاختزال الذاتي / هو تفاعل يحدث فيه تفاعلات تأكسد واختزال لنفس الذرة كما في المثال الاتي :

$Br_2 + 2OH^{-} \rightarrow BrO^{-} + Br^{-1} + H_2O$ نستخرج منه تفاعلات التأكسد والاختزال

تفاعل التأكسد $Br_2 \rightarrow BrO^{-1}$ نلاحظ ان البروم تغير عدد التأكسد من الصفر الى 1+

تفاعل اختزال $Br_2 \rightarrow Br^{-1}$ نلاحظ اختزال Br_2 الى Br^{-1} اي تغير عدد تأكسده من صفر الى -1

موازنة معادلات التأكسد والاختزال /

اهم الطرائق التي تفيد في موازنة المعادلات هي :

1- طريقة المحاولة والخطأ 2- طريقة نصف التفاعل 3- طريقة موازنة المعادلات بوسط حامضي
4- طريقة موازنة المعادلات بوسط قاعدي

اولاً :- طريقة نصف التفاعل تتم الموازنة بتقسيم التفاعل الى نصفي آ- تفاعل الاكسدة ب – تفاعل الاختزال من خلال تعيين اعداد التأكسد

كيف يمكن الموازنة ؟

1- نقسم التفاعل الى نصفي التفاعل (تأكسد واختزال) 2- نوازن اعداد الذرات 3- نوازن الشحنات بإضافة الالكترونات (يكون مجموع الشحنات في يسار المعادلة) = (مجموع الشحنات في يمين المعادلة)
4- يجب تساوي الالكترونات في تفاعلات التأكسد والاختزال تضرب او تقسم بمعامل عددي مناسب
5- نجمع المعادلات نحصل على التفاعل المطلوب اي معادلة التأكسد والاختزال

تمرين (4-6) زن المعادلات التالية بطريقة نصفي التفاعل

$2) O^{2-} + Cl^{5+} \rightarrow O_2 + Cl^{-}$ $1) Al + Hg_2{}^{2+} \rightarrow Al^{3+} + Hg$

$$3)Fe^{3+} + Sn^{2+} \rightarrow Fe^{2+} + Sn^{4+}$$

جواب المعادلة $1)Al + Hg_2^{2+} \rightarrow Al^{3+} + Hg$

1- نقسم التفاعل الى نصفي التفاعل (تأكسد واختزال)

نصف تفاعل (تأكسد) $Al \rightarrow Al^{3+}$ وتفاعل نصف (اختزال) $Hg_2^{2+} \rightarrow Hg$

2- نوازن الذرات على طرفي كل نصف تفاعل

نصف تفاعل (تأكسد) $Al \rightarrow Al^{3+}$ وتفاعل نصف (اختزال) $Hg_2^{2+} \rightarrow 2Hg$

3- نوازن الشحنات باضافة الالكترونات للطرف المناسب

نصف تفاعل (تأكسد) $Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^-$ وتفاعل نصف (اختزال) $Hg_2^{2+} + 2e^- \rightarrow 2Hg$

4- نوازن عدد الالكترونات المفقودة والمكتسبة بضرب الاولى في 2 والثانية في 3

نصف تفاعل (تأكسد) $2Al \rightarrow 2Al^{3+} + 6e^-$ وتفاعل نصف (اختزال) $3Hg_2^{2+} + 6e^- \rightarrow 6Hg$

ثم نجمع نصفي التفاعل نحصل على تفاعل التأكسد والاختزال

$$2Al \rightarrow 2Al^{3+} + \cancel{6e^-}$$
$$3Hg_2^{2+} + \cancel{6e^-} \rightarrow 6Hg$$
$$2Al + 3Hg_2^{2+} \rightarrow 2Al^{3+} + 6Hg$$

جواب المعادلة $2)O^{2-} + Cl^{5+} \rightarrow O_2 + Cl^-$

1- نقسم التفاعل الى نصفي التفاعل

نصف تفاعل (تأكسد) $O^{2-} \rightarrow O_2$ نصف تفاعل (اختزال) $Cl^{5+} \rightarrow Cl^-$

2- نوازن الذرات نصف تفاعل (تأكسد) $2O^{2-} \rightarrow O_2$ نصف تفاعل (اختزال) $Cl^{5+} \rightarrow Cl^-$

3- نوازن الشحنات

نصف تفاعل (تأكسد) $2O^{2-} \rightarrow O_2 + 4e^-$ نصف تفاعل (اختزال) $Cl^{5+} + 6e^- \rightarrow Cl^-$

4- نوازن الالكترونات المفقودة والمكتسبة تضرب الاولى في 6 والثانية في 4

نصف تفاعل (تأكسد) $12O^{2-} \rightarrow 6O_2 + 24e^-$ نصف تفاعل (اختزال) $4Cl^{5+} + 24e^- \rightarrow 4Cl^-$

ثم نجمع تفاعل نصفي التفاعل نحصل على تفاعل تأكسد واختزال

$$12O^{2-} \rightarrow 6O_2 + \cancel{24e^-}$$
$$4Cl^{5+} + \cancel{24e^-} \rightarrow 4Cl^-$$
$$12O^{2-} + 4Cl^{5+} \rightarrow 6O_2 + 4Cl^-$$

جواب المعادلة $3)Fe^{3+} + Sn^{2+} \rightarrow Fe^{2+} + Sn^{4+}$

1- نقسم التفاعل الى نصفي التفاعل

نصف تفاعل (تأكسد) $Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+}$ ونصف تفاعل (اختزال) $Fe^{3+} \rightarrow Fe^{2+}$

2- نلاحظ ان عدد الذرات متساوي لذا نوازن عدد الشحنات

نصف تفاعل (تأكسد) $Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+} + 2e^-$ ونصف تفاعل (اختزال) $Fe^{3+} + 1e^- \rightarrow Fe^{2+}$

3- نوازن الالكترونات المفقودة والمكتسبة بضرب تفاعل الاختزال في 2

نصف تفاعل (تأكسد) $Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+} + 2e^-$ ونصف تفاعل (اختزال) $2Fe^{3+} + 2e^- \rightarrow 2Fe^{2+}$

4- نجمع تفاعل نصفي التفاعل ونحصل تفاعل تأكسد واختزال

$$Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+} + \cancel{2e^-}$$
$$2Fe^{3+} + \cancel{2e^-} \rightarrow 2Fe^{2+}$$
$$Sn^{2+} + 2Fe^{3+} \rightarrow Sn^{4+} + 2Fe^{2+}$$

ثانياً:- طريقة نصف التفاعل بوسط حامضي وتتم موازنة المعادلات فيه كما مبين :

1- نقسم التفاعل الى نصفي التفاعل (تأكسد واختزال) من خلال تحديد اعداد التأكسد لجميع الذرات في المعادلة

2- نوازن اعداد الذرات في كل من نصفي التفاعل عدا H_2O

3- نوازن ذرات الاوكسجين بإضافة جزيئات ماء بعدد ذرات الاوكسجين في الطرف المنقوص

4- نوازن ذرات الهيدروجين بإضافة ايونات الهيدروجين الى الطرف المنقوص

5- نوازن عدد الشحنات كهربائياً 6- يجب تساوي عدد الالكترونات المفقودة والمكتسبة 7- نجمع نصفي التفاعل

تمرين (4-7) زن انصاف التفاعلات الاتية في وسط حامضي

$$1)NO_3^- \rightarrow HNO_2 \cdots 2)MnO_4^- \rightarrow Mn^{2+} \cdots 3)Cr_2O_7^{2-} \rightarrow Cr$$

جواب المعادلة $1)N^{+5}O_3^- \rightarrow HN^{+3}O_2$ 1- تحديد نوع التفاعل

نصف تفاعل (تأكسد) $NO_3^- \rightarrow HNO_2$ 2- نوازن ذرات الاوكسجين باضافة جزيئات ماء بعدد ذرات الاوكسجين نصف تفاعل (تأكسد) $NO_3^- \rightarrow HNO_2 + H_2O$

3- نوازن عدد ذرات الهيدروجين باضافة ايونات الهيدروجين

$NO_3^- + 3H^+ \rightarrow HNO_2 + H_2O$ ثم نوازن عدد الشحنات

$$NO_3^- + 3H^+ + 2e^- \rightarrow HNO_2 + H_2O$$

جواب المعادلة $2)MnO_4^- \rightarrow Mn^{2+}$ 1- التفاعل هو اختزال

2- نوازن ذرات الاوكسجين باضافة جزيئات ماء بعدد ذرات الاوكسجين $MnO_4^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$

3- نوازن عدد ذرات الهيدروجين باضافة ايونات الهيدروجين $MnO_4^- + 8H^+ \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$

4- نوازن عدد الشحنات $MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$

جواب المعادلة $3)Cr_2O_7^{2-} \rightarrow Cr$ تفاعل اختزال لان عدد التأكسد يتحول من +6 الى صفر

1- نوازن عدد الذرات $Cr_2O_7^{2-} \rightarrow 2Cr$ 2- نوازن عدد ذرات الاوكسجين

$Cr_2O_7^{2-} \rightarrow 2Cr + 7H_2O$ 3- نوازن ذرات الهيدروجين $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ \rightarrow 2Cr + 7H_2O$

4- نوازن عدد الشحنات $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 12e^- \rightarrow 2Cr + 7H_2O$

تمرين (4-8) زن المعادلات الاتية بطريقة نصف التفاعل بوسط حامضي

$1) BiO_3^- + Mn^{+2} \rightarrow Bi^{+3} + MnO_4^{-1}$

$2) ICl \rightarrow IO_3^- + I_2 + Cl^-$

$3) S^{-2} + NO_3^- \rightarrow SO_4^{2-} + NO_2$

جواب المعادلة $BiO_3^- + Mn^{+2} \rightarrow Bi^{+3} + MnO_4^{-1}$ 1- نقسم التفاعل الى نصفي التفاعل

نصف تفاعل (تأكسد) $Mn^{+2} \rightarrow MnO_4^{-1}$ ونصف تفاعل (اختزال) $BiO_3^- \rightarrow Bi^{+3}$

2- نلاحظ ان الذرات متوازنة لذا نوازن عدد ذرات الاوكسجين

نصف تفاعل (تأكسد) $Mn^{+2} + 4H_2O \rightarrow MnO_4^{-1}$ ونصف تفاعل (اختزال) $BiO_3^- \rightarrow Bi^{+3} + 3H_2O$

3- نوازن عدد ذرات الهيدروجين نصف تفاعل (تأكسد) $Mn^{+2} + 4H_2O \rightarrow MnO_4^{-1} + 8H^+$

نصف تفاعل (اختزال) $BiO_3^- + 6H^+ \rightarrow Bi^{+3} + 3H_2O$

4- نوازن عدد الشحنات

نصف تفاعل (تأكسد) $Mn^{+2} + 4H_2O \rightarrow MnO_4^{-1} + 8H^+ + 5e^-$

نصف تفاعل (اختزال) $BiO_3^- + 6H^+ + 2e^- \rightarrow Bi^{+3} + 3H_2O$

5- نوازن الالكترونات المفقودة والمكتسبة

نصف تفاعل (تأكسد) $2Mn^{+2} + 8H_2O \rightarrow 2MnO_4^{-1} + 16H^+ + 10e^-$

نصف تفاعل (اختزال) $5BiO_3^- + 30H^+ + 10e^- \rightarrow 5Bi^{+3} + 15H_2O$

6- نجمع المعادلتين

$$2Mn^{+2} + \cancel{8H_2O} \rightarrow 2MnO_4^{-1} + \cancel{16H^+} + \cancel{10e^-}$$

$$5BiO_3^- + \cancel{30}^{14}H^+ + \cancel{10e^-} \rightarrow 5Bi^{+3} + \cancel{15}^{7}H_2O$$

$$2Mn^{+2} + 5BiO_3^- + 14H^+ \rightarrow 2MnO_4^{-1} + 5Bi^{+3} + 7H_2O$$

جواب المعادلة $2) ICl \rightarrow IO_3^- + I_2 + Cl^-$

نقسم التفاعل الى نصفي تفاعل اكسدة واختزال

نصف تفاعل تأكسد $ICl \rightarrow IO_3^- + Cl^-$ نصف تفاعل اختزال $2ICl \rightarrow I_2 + 2Cl^-$

نوازن الاوكسجين والهيدروجين

نصف تفاعل تأكسد $3H_2O + ICl \rightarrow IO_3^- + Cl^- + 6H^+$

نصف تفاعل اختزال $2ICl \rightarrow I_2 + 2Cl^-$ ثم نوازن الشحنات

نصف تفاعل تأكسد $3H_2O + ICl \rightarrow IO_3^- + Cl^- + 6H^+ + 4e^-$

نصف تفاعل اختزال $2e^- + 2ICl \rightarrow I_2 + 2Cl^-$

نوازن الالكترونات المفقودة والمكتسبة بضرب تفاعل الاختزال في 2 ثم نجمع

نصف تفاعل تأكسد $3H_2O + ICl \rightarrow IO_3^- + Cl^- + 6H^+ + \cancel{4e^-}$

نصف تفاعل اختزال $\cancel{4e^-} + 4ICl \rightarrow 2I_2 + 4Cl^-$

$$3H_2O + 5ICl \rightarrow IO_3^- + 5Cl^- + 6H^+ + 2I_2$$

جواب المعادلة $3) S^{-2} + NO_3^- \rightarrow SO_4^{2-} + NO_2$

نقسم التفاعل الى نصفي اكسدة واختزال

نصف تفاعل تأكسد $S^{-2} \rightarrow SO_4^{2-}$ ونصف تفاعل اختزال $NO_3^- \rightarrow NO_2$

نصفي التفاعل متوازنين لذلك نوازن ذرات الاوكسجين والهيدروجين

نصف تفاعل تأكسد $4H_2 + OS^{-2} \rightarrow SO_4^{2-} + 8H^+$

ونصف تفاعل اختزال $2H^+ + NO_3^- \rightarrow NO_2 + H_2O$

نوازن الالكترونات المفقودة والمكتسبة بضرب تفاعل الاختزال في 8

نصف تفاعل تأكسد $4H_2 + OS^{-2} \rightarrow SO_4^{2-} + 8H^+ + 8e^-$

ونصف تفاعل اختزال $8\left(2H^+ + 1e^- + NO_3^- \rightarrow NO_2 + H_2O\right)$

ثم نجمع نصفي التفاعل

نصف تفاعل تأكسد $\cancel{4H_2O} + OS^{-2} \rightarrow SO_4^{2-} + \cancel{8H^+} + 8e^-$

ونصف تفاعل اختزال $\cancel{16}^{8}H^+ + \cancel{8e^-} + 8NO_3^- \rightarrow 8NO_2 + \cancel{8}^{4}H_2O$

$$S^{-2} + 8H^+ + 8NO_3^- \rightarrow SO_4^{2-} + 8NO_2 + 4H_2O$$

ثالثاً:- طريقة نصف التفاعل بوسط قاعدي

تتم الموازنة في الوسط القاعدي بعد اتمام الموازنة بالوسط الحامضي نضيف

1- ايونات OH^- لطرفي المعادلة النهائية بشرط ان تتساوى مع عدد ايونات الهيدروجين H^+

2- نجمع (ندمج) OH^- و H^+ اينما وجدت في طرفي المعادلة لتكوين الماء

3- نختصر جزيئات الماء المشتركة من طرفي المعادلة

تمرين (4-9) زن انصاف التفاعلات الاتية في وسط قاعدي

$1) NO_3^- \rightarrow NO_2^- \cdots 2) MnO_4^- \rightarrow MnO_2 \cdots 3) ClO_4^- \rightarrow Cl_2$

جواب المعادلة الاولى $1) NO_3^- \rightarrow NO_2^-$ نقسم تفاعل نصفي التفاعل الى اكسدة واختزال

نصف تفاعل اختزال $N^{+5}O_3^- \rightarrow N^{+3}O_2^-$ نوازن ذرات الاوكسجين والهيدروجين

نصف تفاعل اختزال $2H^+ + N^{+5}O_3^- \rightarrow N^{+3}O_2^- + H_2O$ وبعدها نوازن الشحنات

$2e^- + 2H^+ + N^{+5}O_3^- \rightarrow N^{+3}O_2^- + H_2O$ ثم نوازن بالوسط القاعدي باضافة OH^-

$2OH^- + 2e^- + 2H^+ + NO_3^- \rightarrow NO_2^- + H_2O + 2OH^-$ ثم نجمع H^+ و OH^-

$2e^- + 2H_2O + NO_3^- \rightarrow NO_2^- + H_2O + 2OH^-$ ثم نختصر جزيئات الماء

$2e^- + \cancel{2}H_2O + NO_3^- \rightarrow NO_2^- + \cancel{H_2O} + 2OH^-$ تصبح بالشكل التالي

$$2e^- + H_2O + NO_3^- \rightarrow NO_2^- + 2OH^-$$

جواب المعادلة الثانية $Mn^{+7}O_4^- \rightarrow Mn^{+4}O_2$.:. التفاعل اختزال

نوازن ذرات الاوكسجين والهيدروجين $4H^+ + MnO_4^- \rightarrow MnO_2 + 2H_2O$

نوازن الشحنات $3e^- + 4H^+ + MnO_4^- \rightarrow MnO_2 + 2H_2O$ نوازن بالوسط القاعدي باضافة OH^-

ثم نجمع H^+ و OH^- $4OH^- + 3e^- + 4H^+ + MnO_4^- \rightarrow MnO_2 + 2H_2O + 4OH^-$

ثم نختصر جزيئات الماء $3e^- + 4H_2O + MnO_4^- \rightarrow MnO_2 + 2H_2O + 4OH^-$

تصبح بالشكل التالي $3e^- + \cancel{4}^{2}H_2O + MnO_4^- \rightarrow MnO_2 + \cancel{2H_2O} + 4OH^-$

$$3e^- + H_2O + MnO_4^- \rightarrow MnO_2 + 4OH^-$$

جواب المعادلة الثالثة $Cl^{+7}O_4^- \rightarrow Cl_2^0$ التفاعل اختزال.:

نوازن الذرات وبعدها الاوكسجين والهيدروجين $16H^+ + 2ClO_4^- \rightarrow Cl_2 + 8H_2O$

نوازن الشحنات $14e^- + 16H^+ + 2ClO_4^- \rightarrow Cl_2 + 8H_2O$ نضيف OH^- الى طرفي التفاعل

ثم نجمع H^+ و OH^- $16OH^- + 14e^- + 16H^+ + 2ClO_4^- \rightarrow Cl_2 + 8H_2O + 16OH^-$

ثم نختصر جزيئات الماء $14e^- + 16H_2O + 2ClO_4^- \rightarrow Cl_2 + 8H_2O + 16OH^-$

تصبح بالشكل التالي $14e^- + \cancel{16}^{8}H_2O + 2ClO_4^- \rightarrow Cl_2 + \cancel{8H_2O} + 16OH^-$

$$14e^- + 8H_2O + 2ClO_4^- \rightarrow Cl_2 + 16OH^-$$

تمرين (4-10) زن المعادلات الاتية بطريقة نصف التفاعل بوسط قاعدي

$1) I_2 \rightarrow I^- + IO_3^- \cdots 2) Fe + NO_3^- \rightarrow Fe^{3+} + N_2$

$3) Zn + NO_3^- \rightarrow NH_3 + [Zn(OH^-)_4]^{-2}$

$4) Mn^{2+} H_2O_2 \rightarrow MnO_2 + H_2O$

$5) Cr_2O_3 + ClO^- \rightarrow CrO_4^{-2} + Cl^-$

جواب المعادلة الاولى $I_2 \rightarrow I^- + IO_3^-$ نحدد اعداد التأكسد للمواد المتفاعلة والناتجة

$I_2^0 \rightarrow I^{-1} + I^{+5}O_3^-$ تحول اليود الى ايون اليود السالب I^- تفاعل اختزال بينما تحوله الى IO_3^- اكسدة

1- نقسم التفاعل الى نصفي التفاعل نصف تفاعل تأكسد $I_2 \rightarrow IO_3^-$ بينما نصف تفاعل اختزال $I_2 \rightarrow I^-$

2- نوازن عدد الذرات نصف تفاعل تأكسد $I_2 \rightarrow 2IO_3^-$ بينما نصف تفاعل اختزال $I_2 \rightarrow 2I^-$

3- نوازن عدد ذرات كل من الاوكسجين والهيدروجين بعد اخذ الفرق بين ذرات الاوكسجين في طرفي التفاعل ويتم اضافة عدد جزيئات بعدد الذرات المنقوصة . ثم يضاف ايونات الهيدروجين في الطرف المنقوص الهيدروجين

نصف تفاعل تأكسد $6H_2O + I_2 \rightarrow 2IO_3^- + 12H^+$ بينما نصف تفاعل اختزال $I_2 \rightarrow 2I^-$

4- نوازن الشحنات نصف تفاعل تأكسد $6H_2O + I_2 \rightarrow 2IO_3^- + 12H^+ + 10e^-$

نصف تفاعل اختزال $I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$

5- نوازن عدد الالكترونات المفقودة والمكتسبة بضرب تفاعل الاختزال في 5 ثم نجمع المعادلات

نصف تفاعل تأكسد $6H_2O + I_2 \rightarrow 2IO_3^- + 12H^+ + 10e^-$

نصف تفاعل اختزال $5I_2 + 10e^- \rightarrow 10I^-$

$$6H_2O + 6I_2 \rightarrow 2IO_3^- + 10I^- + 12H^+$$

6- اضافة OH^- الى طرفي المعادلة بعدد ايونات الهيدروجين ثم نجمع ايونات الهيدروجين والاوكسجين

$$6H_2O + 6I_2 + 12OH^- \rightarrow 2IO_3^- + 10I^- + 12H^+ + 12OH^-$$

ثم اختصار جزيئات الماء في الطرفين $6H_2O + 6I_2 + 12OH^- \rightarrow 2IO_3^- + 10I^- + 12H_2O$

نحصل على المعادلة الموزونة $\cancel{6H_2O} + 6I_2 + 12OH^- \rightarrow 2IO_3^- + 10I^- + \cancel{12}^{6}H_2O$

في الوسط القاعدي $6I_2 + 12OH^- \rightarrow 2IO_3^- + 10I^- + 6H_2O$

جواب المعادلة الثانية $Fe^0 + N^{+5}O_3^- \rightarrow Fe^{3+} + N_2^0$

1- نقسم التفاعل الى نصفي التفاعل

تفاعل الاكسدة $Fe^0 \rightarrow Fe^{3+}$ وتفاعل الاختزال $N^{+5}O_3^- \rightarrow N_2^0$

2- نوازن الذرات تفاعل الاكسدة $Fe \rightarrow Fe^{3+}$ وتفاعل الاختزال $2NO_3^- \rightarrow N_2$

3- نوازن ذرات كل من الاوكسجين والهيدروجين

تفاعل الاكسدة $Fe \rightarrow Fe^{3+}$ وتفاعل الاختزال $12H^+ + 2NO_3^- \rightarrow N_2 + 6H_2O$

4- نوازن الشحنات

تفاعل الاكسدة $Fe \rightarrow Fe^{3+} + 3e^-$ وتفاعل الاختزال $12H^+ + 2NO_3^- + 10e^- \rightarrow N_2 + 6H_2O$

5- نوازن الالكترونات بالضرب المتبادل بالشحنات وبعدها نجمع

تفاعل الاكسدة $10Fe \rightarrow 10Fe^{3+} + \cancel{30e^-}$

تفاعل الاختزال $36H^+ + 6NO_3^- + \cancel{30e^-} \rightarrow 3N_2 + 18H_2O$

تفاعل تأكسد واختزال $10Fe + 6NO_3^- + 36H^+ \rightarrow 3N_2 + 10Fe^{3+} + 18H_2O$

نوازن بالوسط القاعدي باضافة OH^- الى طرفي التفاعل ثم نجمع OH^- و H^+

$$10Fe + 6NO_3^- + 36H^+ + 36OH^- \rightarrow 3N_2 + 10Fe^{3+} + 18H_2O + 36OH^-$$

ثم نختصر جزيئات الماء $10Fe + 6NO_3^- + 36H_2O \rightarrow 3N_2 + 10Fe^{3+} + 18H_2O + 36OH^-$

$$10Fe + 6NO_3^- + \cancel{36}^{18}H_2O \rightarrow 3N_2 + 10Fe^{3+} + \cancel{18H_2O} + 36OH^-$$

المعادلة الموزونة $10Fe + 6NO_3^- + 18H_2O \rightarrow 3N_2 + 10Fe^{3+} + 36OH^-$

جواب المعادلة الثالثة $3) Zn^0 + N^{+5}O_3^- \rightarrow N^{-3}H_3 + [Zn^{+2}(OH^-)_4]^{-2}$

1- نقسم التفاعل الى نصفي التفاعل

تفاعل الاكسدة $Zn^0 \rightarrow [Zn^{+2}(OH^-)_4]^{-2}$ - تفاعل الاختزال $N^{+5}O_3^- \rightarrow N^{-3}H_3$

2- بما ان الذرات متوازنة نوازن الاوكسجين والهيدروجين والشحنات

تفاعل الاكسدة $4H_2O + Zn \rightarrow [Zn(OH^-)_4]^{-2} + 4H^+ + 2e^-$

تفاعل الاختزال $8e^- + 9H^+ + NO_3^- \rightarrow NH_3 + 3H_2O$

3- نوازن الالكترونات المفقودة والمكتسبة بضرب تفاعل الاكسدة في 4 ثم نجمع

تفاعل الاكسدة $\cancel{16}^{13}H_2O + 4Zn \rightarrow 4\left[Zn(OH^-)_4\right]^{-2} + \cancel{16}^{7}H^+ + \cancel{8e^-}$

تفاعل الاختزال $\cancel{8e^-} + \cancel{9H^+} + NO_3^- \rightarrow NH_3 + \cancel{3H_2O}$

تفاعل تأكسد واختزال $13H_2O + 4Zn + NO_3^- \rightarrow 4\left[Zn(OH^-)_4\right]^{-2} + NH_3 + 7H^+$

4- نوازن بالوسط القاعدي باضافة OH^- الى طرفي المعادلة ونجمعه مع ايونات الهيدروجين

$$13H_2O + 4Zn + NO_3^- + 7OH^- \rightarrow 4\left[Zn(OH^-)_4\right]^{-2} + NH_3 + 7H^+ + 7OH^-$$

$$13H_2O + 4Zn + NO_3^- + 7OH^- \rightarrow 4\left[Zn(OH^-)_4\right]^{-2} + NH_3 + 7H_2O$$

5- نختصر جزيئات الماء في طرفي المعادلة

$$\cancel{13}^{6}H_2O + 4Zn + NO_3^- + 7OH^- \rightarrow 4\left[Zn(OH^-)_4\right]^{-2} + NH_3 + \cancel{7H_2O}$$

المعادلة الموزونة $6H_2O + 4Zn + NO_3^- + 7OH^- \rightarrow 4\left[Zn(OH^-)_4\right]^{-2} + NH_3$

جواب المعادلة الرابعة $Mn^{2+}H_2O_2^{-1} \rightarrow Mn^{+4}O_2 + H_2O^{-2}$

1- نقسم التفاعل الى نصفي التفاعل

تفاعل الاكسدة $Mn^{2+} \rightarrow Mn^{+4}O_2$ - تفاعل الاختزال $H_2O_2^{-1} \rightarrow H_2O^{-2}$

2- بما ان الذرات متوازنة لذا نوازن O و H والشحنات

تفاعل الاكسدة $2H_2O + Mn^{2+} \rightarrow MnO_2 + 4H^+ + 2e^-$

تفاعل الاختزال $2e^- + 2H^+ + H_2O_2 \rightarrow H_2O + H_2O$

3- تساوي الالكترونات المفقودة والمكتسبة لذا نجمع

تفاعل الاكسدة $\cancel{2}^{1}H_2O + Mn^{2+} \rightarrow MnO_2 + \cancel{4}^{2}H^+ + \cancel{2e^-}$

تفاعل الاختزال $\cancel{2e^-} + \cancel{2H^+} + H_2O_2 \rightarrow H_2O + \cancel{H_2O}$

تفاعل تأكسد واختزال $Mn^{2+} + H_2O_2 + H_2O \rightarrow MnO_2 + H_2O + 2H^+$

4- نوازن بالوسط القاعدي باضافة OH^- الى طرفي المعادلة

$$Mn^{2+} + H_2O_2 + H_2O + 2OH^- \rightarrow MnO_2 + H_2O + 2H^+ + 2OH^-$$

ونجمع ايونات الهيدروجين مع ايونات الهيدروكسيد (H^+ و OH^-)

$Mn^{2+} + H_2O_2 + H_2O + 2OH^- \rightarrow MnO_2 + H_2O + 2H_2O$ ثم نختصر جزيئات الماء

$$Mn^{2+} + H_2O_2 + \cancel{H_2O} + 2OH^- \rightarrow MnO_2 + \cancel{H_2O} + 2H_2O$$

المعادلة الموزونة $Mn^{2+} + H_2O_2 + 2OH^- \rightarrow MnO_2 + 2H_2O$

جواب المعادلة الخامسة $Cr^{+3}{}_2O_3 + Cl^{+1}O^- \rightarrow Cr^{+6}O_4^{-2} + Cl^-$

1- نقسم التفاعل الى نصفي التفاعل

تفاعل الاكسدة $Cr^{+3}{}_2O_3 \rightarrow Cr^{+6}O_4{}^{-2}$ - تفاعل الاختزال $Cl^{+1}O^- \rightarrow Cl^-$

2- نوازن الذرات

تفاعل الاكسدة $Cr_2O_3 \rightarrow 2CrO_4{}^{-2}$ - تفاعل الاختزال $ClO^- \rightarrow Cl^-$

3- نوازن ذرات الاوكسجين والهيدروجين وعدد الشحنات

تفاعل الاكسدة $Cr_2O_3 + 5H_2O \rightarrow 2CrO_4{}^{-2} + 10H^+ + 6e^-$

تفاعل الاختزال $ClO^- + 2H^+ + 2e^- \rightarrow Cl^- + H_2O$

4- نوازن عدد الالكترونات المفقودة والمكتسبة بضرب تفاعل الاختزال في 3 ثم نجمع المعادلات

تفاعل الاكسدة $Cr_2O_3 + \cancel{5}^{2}H_2O \rightarrow 2CrO_4{}^{-2} + \cancel{10}^{4}H^+ + \cancel{6e^-}$

تفاعل الاختزال $3ClO^- + \cancel{6H^+} + \cancel{6e^-} \rightarrow 3Cl^- + \cancel{3H_2O}$

تفاعل تأكسد واختزال $Cr_2O_3 + 3ClO^- + 2H_2O \rightarrow 2CrO_4{}^{-2} + 3Cl^- + 4H^+$

5- نوازن بالوسط القاعدي OH^- الى طرفي المعادلة

$$Cr_2O_3 + 3ClO^- + 2H_2O + 4OH^- \rightarrow 2CrO_4{}^{-2} + 3Cl^- + 4H^+ + 4OH^-$$

نجمع الايونات (H^+ و OH^-)

$$Cr_2O_3 + 3ClO^- + 2H_2O + 4OH^- \rightarrow 2CrO_4{}^{-2} + 3Cl^- + 4H_2O$$

نختصر جزيئات الماء $Cr_2O_3 + 3ClO^- + \cancel{2H_2O} + 4OH^- \rightarrow 2CrO_4{}^{-2} + 3Cl^- + \cancel{4}^{2}H_2O$

المعادلة الموزونة $Cr_2O_3 + 3ClO^- + 4OH^- \rightarrow 2CrO_4{}^{-2} + 3Cl^- + 2H_2O$

الخلايا الكهروكيميائية / وهي الخلايا التي تتكون عادة من قطبين احدهما القطب الموجب او الانود والذي تجري عنده عملية التأكسد ويكون مصدراً للالكترونات اما الاخر فهو القطب السالب والكاثود والذي تجري عنده عملية الاختزال والذي تتحول الية الالكترونات المنقولة من القطب الانود وتقسم الى قسمين :-
(1) الخلايا الكلفانية او الفولتائية (2) الخلايا الالكتروليتية مثل خلية التحليل الكهربائي(الطلاء الكهربائي)

الخلايا الكلفانية / هي تلك الخلايا التي تتحول فيها الطاقة الكيميائية الى طاقة كهربائية من خلال تفاعل كيميائي يجري تلقائياً لتوليد تيار كهربائي مثل خلايا البطاريات (النضائد)

س / وضح تفاعلات التأكسد والاختزال في الخلية الكلفانية(خلية دانيال) ؟ وما دور(اهمية) الجسر الملحي في الخلية ؟

ج/ تفاعل التأكسد $Zn_{(S)} \rightarrow Zn^{2+}{}_{(aq)} + 2e^-$ anode يذوب الخارصين ويقل تركيزه

تفاعل الاختزال $Cu^{2+}{}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$ Cathode يترسب النحاس ويزداد تركيزه

تفاعل العام للخلية $Zn_{(s)} + Cu^{2+}{}_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}{}_{(aq)} + Cu_{(s)}$

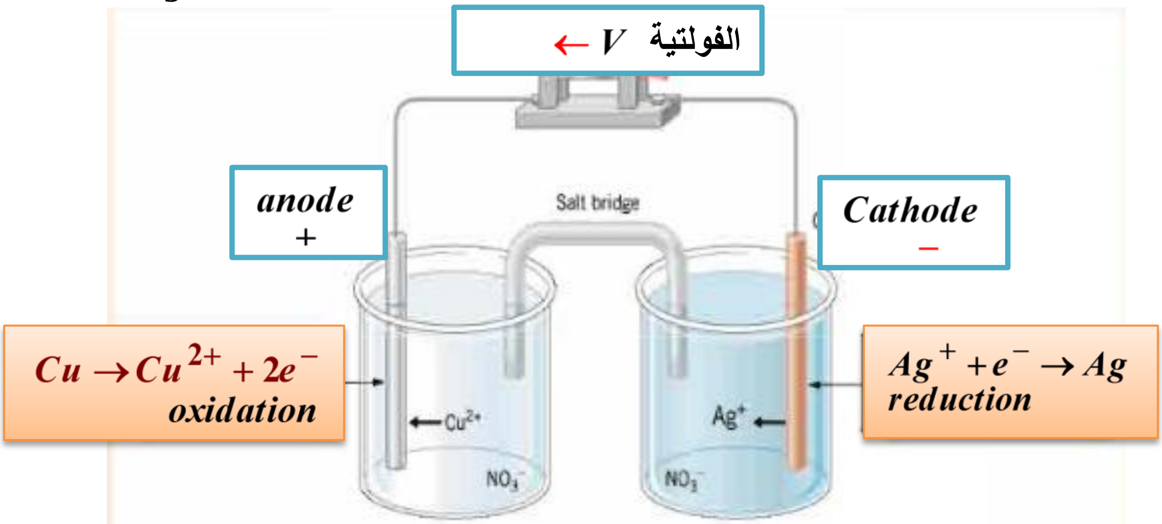
اما دور الجسر يقوم بنقل الايونات بين قطبي الخلية وايصال الدائرة الكهربائية وحفظ التوازن الأيوني للأقطاب والالكترونات تنتقل عن طريق السلك الكهربائي والأيونات تنتقل عن طريق الجسر الملحي

س /عرف الجسر الملحي واذكر اهميته ؟

الجسر الملحي يعرف على انه انبوبة زجاجية على شكل حرف U بالمقلوب وتحتوي محلول الكتروليتي خامل مثل

(KNO_3 , K_2SO_4, KCl) وله اهمية يقوم بنقل الايونات بين قطبي الخلية وايصال الدائرة الكهربائية وحفظ التوازن الأيوني للأقطاب ويمثل الدائرة الداخلية
مادة الاكار / مادة صمغية يحصل عليها من الطبيعة ولها استعمالات عديدة وتعتبر مادة صلبة وتصبح سائلة عند تسخينها وتثبت داخل الجسر الملحي

مثال (4-11) اذا علمت ان التفاعل التالي يحدث بصورة تلقائية في الخلية الكلفانية كما موضحة في الشكل ادناه: $Cu_{(s)} + 2Ag^+_{(aq)} \rightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2Ag_{(s)}$ **(آ) اكتب تفاعلات نصفي الخلية (ب) وضح اتجاه سريان الالكترونات عبر السلك الخارجي واتجاه حركة الايونات عبر الجسر الملحي بمحلول** KNO_3



الاجابة :- (آ) نصف تفاعل التأكسد / الانود(anode) $Cu_{(s)} \rightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

نصف تفاعل الاختزال/ الكاثود(Cathode) $2Ag^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow 2Ag_{(s)}$

(ب) تنتقل الالكترونات عبر السلك منطلقة من الانود (قطب النحاس) باتجاه الكاثود (قطب الفضة)
بينما تتحرك الايونات الموجبة K^+ **عبر الجسر الملحي باتجاه القطب السالب الكاثود**
والايونات السالبة (NO_3^-) **باتجاه القطب الموجب الانود**

جهد الخلية الكلفانية:- هي الخلية التي يسري التيار من الانود الى الكاثود(تعليل) بسبب الفرق بين الجهد الكهربائي للقطبين ويدعى بجهد الخلية ويرمز له E_{Cell} **ويدعى بمصطلح شائع اخر القوة الدافعة الكهربائية ويرمز لها emf بالرغم من دلالة الاسم فهو مقياس للجهد وليس للقوة ويقاس جهد الخلية بمقياس الجهد او الفولتميتر (Voltmeter)**

س / جهد الخلية الكلفانية علامة يعتمد؟
ج/ (1) طبيعة الاقطاب او الايونات (2) تراكيز الايونات ودرجة الحرارة التي تعمل عندها الخلية
س / عرف جهد القطب وجهد الخلية ؟
جهد القطب / بأنه فرق الجهد الحاصل بين لوح العنصر ومحلول أيوناته ويقسم الى :-
(آ) جهد التأكسد E_{oxi} **هو مقدار ميل المادة نحو فقدان الالكترونات**
(ب) جهد الاختزال E_{red} **هو مقدار ميل المادة نحو اكتساب الالكترونات**

جهد الخلية / بأنه اكبر قيمة لفرق الجهد الكهربائي بين القطبين في الخلية الكلفانية ويرمز لجهد الخلية بالرمز E_{Cell} **حيث Cell تعني الخلية فهو مقياس للقوة الدافعة للتفاعل الحاصل في الخلية ويعتمد**

على قطب التأكسد (الانود) وقطب الاختزال (الكاثود)

س / ما هو قانون جهد الخلية(كيف يشتق) ؟

$(1)\ E_{Cell} = E_{OX} + E_{red}$ حيث يرمز لجهد التأكسد بدلاً من E_{OXi} بالرمز E_{anode} يرمز لجهد الاختزال بدلاً من E_{red} بالرمز $E_{cathode}$ وتصبح بالشكل التالي :

$(2)\ E_{Cell} = E_{anode} + E_{cathode}$ عند قياس جهد الخلية بالظروف الغير قياسية

$(3)\ E^0_{Cell} = E^0_{anode} + E^0_{cathode}$ عند قياس جهد الخلية بالظروف قياسية ($25C^0$ وضغط $1atm$)

ملاحظة يتحرر غاز الهيدروجين عند الكاثود اي يتحول من الايون الموجب $2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)} \uparrow$

تحرر الغازات الاخرى عند الانود اي يتحول من الايون السالب الى الغازات مثل :

$(Cl_2, Br_2, I_2, F_2, O_2, N_2)$ مثال $2O^- \rightarrow O_{2(g)} + 2e^-$

س/ قارن بين الانود والكاثود ؟

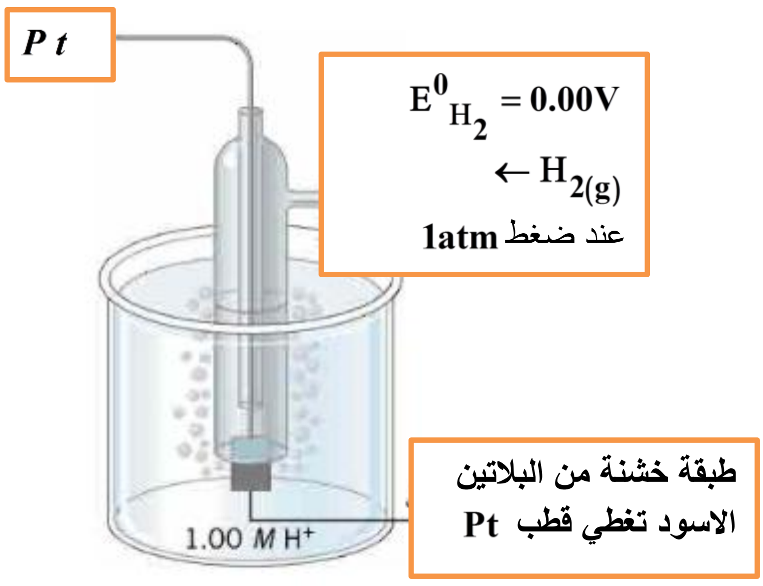
ت	الانود	الكاثود
1	يمثل نصف الخلية	يمثل نصف الخلية الاخر
2	تحصل عنده عملية الاكسدة	تحصل عنده عملية الاختزال
3	يستهلك دائماً أي يذوب (نقصان بالكتلة)	يزداد سمكه دائماً أي يترسب (زيادة بالكتلة)
4	يعتبر مصدراً للتيار الكهربائي	يعتبر مستهلكاً للتيار الكهربائي
5	جهد تأكسده عالي أي زيادة بأعداد التأكسد وانخفاض في تركيزه	جهد تأكسده قليل أي نقصان بأعداد التأكسد ارتفاع في تركيزه

س / كيف يتم قياس جهد القطب لوحده ؟

ج / لانه لا يمكن عمل خلية من قطب واحد وقياس جهدها ولذا لابد من وجود قطب مرجع ومن اهمها قطب الهيدروجين القياسي(SHE) يمكن قياس جهود الاختزال الاخرى

س / وضح ممن يتكون قطب الهيدروجين القياسي مع الرسم ؟

ج/ يتكون من انبوبة زجاجية يضغط فيها غاز الهيدروجين عند الظروف القياسية($1M, 1atm\ ,\ 25C^0$) في محلول يحتوي على ايونات H^+ مثل HCl وبتركيز 1M وتحتوي الانبوبة في اسفلها على قطب البلاتين مغطى بطبقة خشنة من البلاتين الاسود ومتصلة بسلك من (Pt) كما في الشكل التالي :



س/ علل لماذا تم اختيار قطب الهيدروجين القياسي SHE كقطب مرجع وذو جهد معلوم القيمة يساوي صفر؟

ج / لانه عنصر نشاطه الكيميائي متوسط بين العناصر فيمكن استخدامه كقطب انود او كاثود ويمكن حساب جهد اختزال العناصر الاخرى من خلاله يصبح جهد العنصر = جهد الخلية القياسي

س / يستخدم عنصر البلاتين لصنع قطب الهيدروجين القياسي SHE ؟

ج / لانه مادة خاملة لا تعاني تأكسد واختزالاً تحت الظروف التي يستخدم بها ويقوم بمهمتين :-

(1)توفر سطح للقطب يمكن تفكك جزيئات الهيدروجين علية

(2)توفر وسيلة لحدوث توصيل كهربائي مع الدائرة الخارجية

س / متى يصبح جهد الخلية القياسي يساوي الجهد القياسي لقطب العنصر القياسي ؟

ج/ عندما يكون احد اقطابها قطب الهيدروجين القياسي (SHE) لان $E^0_{H^+} = 0.00V$ كما مبين في المثال

$$2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)} \quad E^0_{Cathode} = 0.00V$$

$$Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \quad E^0_{anode} = ?(V)$$

$$2H^+_{(aq)} + Zn_{(s)} \rightarrow H_{2(g)} + Zn^{2+}_{(aq)} \quad E^0_{Cell} = 0.763V$$

$$E^0_{Cell} = E^0_{anode} + E^0_{Cathode} \Rightarrow E^0_{Cell} = E^0_{anode} + 0.0V \Rightarrow E^0_{Cell} = E^0_{anode}$$

تمرين (12-4) للخلية الموضحة في الشكل ادناه المكونة من قطب الهيدروجين كأنود وقطب النحاس ككاثود احسب الجهد القياسي لقطب النحاس ، اذا علمت ان جهد الخلية القياسي الذي تم قراءته في مقياس الجهد يساوي +0.337V

الاجابة:-

$$H_{2(g)} \rightarrow 2H^+_{(aq)} + \cancel{2e^-} \quad E^0_{H_2} = 0.0(V)$$

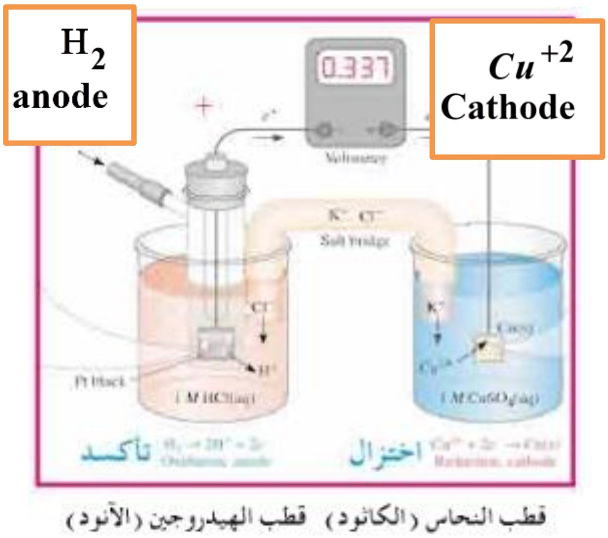
$$Cu^{2+}_{(aq)} + \cancel{2e^-} \rightarrow Cu_{(s)} \downarrow \quad E^0_{Cathode} = ?$$

$$H_{2(g)} + Cu^{2+}_{(aq)} \rightarrow 2H^+_{(aq)} + Cu_{(s)} \downarrow \quad E^0_{Cell}$$

$$E^0_{Cell} = E^0_{H_2} + E^0_{Cathode}$$

$$0.337 = 0 + E^0_{Cathode}$$

$$E^0_{Cu} = +0.337V$$



قطب النحاس (الكاثود) قطب الهيدروجين (الآنود)

س / كيف يتم حساب جهد الخلية القياسي يجب مراعاة النقاط الاتية :-

1- يتم اختيار قطب الانود الذي يمتلك اقل جهد اختزال قياسي وقلب الاشارة بينما يتم اختيار قطب الكاثود للعنصر الذي يمتلك اعلى جهد اختزال وبقاء الاشارة كما هي

2 – يجب ان يكون عدد الالكترونات المفقودة عند الانود (عملية التأكسد) مساوية لعدد الالكترونات عند الكاثود (عملية الاختزال) في حالة عدم التساوي فيجب اخذ المضاعف المشترك الأصغر لاعداد الالكترونات ثم يضرب طرفي معادلات الاقطاب بعدد معين وبقاء جهد الخلية القياسي ثابت لا يتغير ويتم حذفها من تفاعلات التأكسد والاختزال ثم جمعهما نحصل على التفاعل العام للخلية

3- تفاعلات نصفي الخلية هي تفاعلات انعكاسية (في حالة اتزان)

4-لاستخراج جهد الخلية القياسي E^0_{Cell} تكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الاقطاب وتكتب امامها جهودها القياسية باستخدام العلاقة بعد تغير اشارة قطب الانود $E^0_{Cell} = E^0_{anode} + E^0_{cathode}$

او باستخدام العلاقة اذا تم اخذ جهود الاختزال مباشرة دون تغير اشارة الانود

$$E^0_{Cell} = E^0_{anode} - E^0_{cathode}$$

5- اذا كان قيمة جهد الخلية القياسي موجبة $E^0_{Cell} = +$ تكون تفاعلات اقطابها تلقائية اما اذا كانت قيمة $E^0_{Cell} = -$ فتكون تفاعلات الاقطاب غير تلقائية

س / علل بقاء قيمة جهد الخلية القياسي ثابتة دون تغير عند ضربي طرفي معادلات نصفي الخلية بعدد مناسب لغرض تساوي عدد الالكترونات المفقودة والمكتسبة ؟او لماذا لا تضاعف جهد القطب عند مضاعفة موازنة تفاعل القطب ؟

ج / لان جهد الخلية القياسي من الخواص المركزة التي لا تعتمد على كمية المادة وانما تعتمد على التراكيز المولارية لأيونات المحلول قطبي الخلية

ملاحظات هامة :-

1- اذا كان المادة A يذوب B تكون المادة B هي انود

2- اذا كان المادة A يرسب B تكون المادة B هي كاثود

3-- اذا كان المادة A يحرر H_2 يكون الغاز H_2 كاثود

4- اذا كان المادة A يحرر O_2 يكون الغاز O_2 انود

5-حفظ المادة A في اناء مصنوع من المادة B تكون المادة B انود اذن الاناء يمثل قطب الانود دائماً

6- تحديد قطب نوع الخلية من الرسم اولاً ثم المعادلة ثانياً وبعدها جهد اختزال العنصر الاقل انود والاكبر كاثود

تمرين (4-13) احسب E^0_{Cell} تم عملها من قطب الكادميوم Cd المغمور في محلول 1M من نترات الكادميوم وقطب الكروم Cr المغمور في (1M) من نترات الكروم اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية $E^0_{(Cd^{2+}/Cd)} = -0.40V, E^0_{(Cr^{3+}/Cr)} = -0.74V$

الاجابة:-

$$\begin{pmatrix} (1)\,2\left(Cr_{(s)} \rightarrow Cr^{3+}_{(aq)} + 3e^-\right) E^0_{anode} = +0.74V \\ (2)\,3\left(Cd^{2+}_{(aq)} + 2e \rightarrow Cd_{(s)}\right) E^0_{Cathode} = -0.40V \end{pmatrix} \Rightarrow$$

$$2Cr_{(s)} \rightarrow 2Cr^{3+}_{(aq)} + \cancel{6e^-}\ E^0_{anode} = +0.74V$$

$$3Cd^{2+}_{(aq)} + \cancel{6e} \rightarrow 3Cd_{(s)}\ E^0_{Cathode} = -0.40V$$

$$2Cr_{(s)} + 3Cd^{2+}_{(aq)} \rightarrow 2Cr^{3+}_{(aq)} + 3Cd_{(s)}\ E^0_{Cell} = +0.34V$$

اذن التفاعل تلقائي

تمرين (4-14) هل يمكن حدوث كل من تفاعلات التأكسد والاختزال الممثلة بالمعادلات التالية تحت الظروف

القياسية بشكل تلقائي ، اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية

$E^0_{(Fe^{2+}/Fe)} = -0.44V, E^0_{(Au^{3+}/Au)} = +1.50V \quad E^0_{Co^{2+}/Co} = -0.28V, E^0_{Ni^{2+}/Ni} = -0.25V$

$$Ni_{(s)} + Co^{2+}_{(aq)} \rightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + Co_{(s)}$$

$$3Fe_{(s)} + 2Au^{3+}_{(aq)} \rightarrow 3Fe^{2+}_{(aq)} + 2Au_{(s)}$$

الجواب

$$Ni_{(s)} \rightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + \cancel{2e^-} \quad E^0_{anode} = +0.25(V)$$

$$Co^{2+}_{(aq)} + \cancel{2e^-} \rightarrow Co_{(s)} \quad E^0_{cathode} = -0.28(V)$$

$$Ni_{(s)} + Co^{2+}_{(aq)} \rightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + Co_{(s)} \quad E^0_{Cell} = -0.03(V)$$

التفاعل غير تلقائي

تضرب× 3

تضرب× 2

$$3\left(Fe_{(s)} \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + 2e\right) E^0_{anode} = 0.44(V)$$

$$2\left(Au^{3+}_{(aq)} + 3e^- \rightarrow Au_{(s)}\right) E^0_{cathode} = +1.50(V)$$

الاجابة :-

$$3Fe_{(s)} \rightarrow 3Fe^{2+}_{(aq)} + \cancel{6e^-} \quad E^0_{anode} = 0.44(V)$$

$$2Au^{3+}_{(aq)} + \cancel{6e^-} \rightarrow 2Au_{(s)} \quad E^0_{cathode} = +1.50(V)$$

$$3Fe_{(s)} + 2Au^{3+}_{(aq)} \rightarrow 3Fe^{2+}_{(aq)} + 2Au_{(s)} \quad E^0_{Cell} = +1.94(V)$$

التفاعل تلقائي

س / ما هي انواع الاقطاب الخلية الكلفانية او الفولتائية ؟

1- قطب الفلز/ ايون الفلز 2- القطب الغازي 3 – أقطاب التأكسد والاختزال

س / وضح انواع الاقطاب الخلية الكلفانية او الفولتائية؟

اولاً :- قطب الفلز / ايون الفلز ويمثل المادة الصلبة (الفلز)/ ايون الفلز (محلوله المائي) مثال عند غمر لوح من الخارصين في محلول مائي ملحي من كبريتات الخارصين ويمكن التعبير عنه في تفاعلات التأكسد والاختزال وعلى التوالي

قطب الانود $Zn_{(s)} / Zn^{2+}_{(aq)}(1M)$ اما قطب الكاثود $Zn^{2+}_{(aq)}(1M) / Zn_{(s)}$

كما مبين ادناه:

اختزال(الكاثود) $Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn_{(s)}$

تأكسد (الانود) $Zn_{(S)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

ويمكن التعبير عن الخلية $Zn_{(s)} / Zn^{2+}_{(aq)}(1M) || Zn^{2+}_{(aq)}(1M) / Zn_{(s)}$

حيث يمثل/ حد الطور و || يمثل الجسر وعلى اليسار(الكاثود) و(الانود) وعلى اليمين

ثانياً :- القطب الغازي يتكون من ضخ غاز خلال انبوبة زجاجية بضغط معين داخل محلول يحتوي على ايونات ذلك الغاز مثل غاز(H_2) ومحلول HCl ولكون الغاز غير موصل ونستعمل سلك من البلاتين كعنصر خامل مثبت داخل الانبوبة يعمل كسطح موصل للتيار الكهربائي تفاعل الانود لقطب الهيدروجين عند سطح البلاتين وعلى الصورة الاتية:

تأكسد (الانود) $H_{2(g)} \rightarrow 2H^+_{(aq)} + 2e^-$

ويكون تفاعل الكاثود لقطب الكلور والذي يحدث على سطح البلاتين وعلى الشكل الاتي:

اختزال (الكاثود) $Cl_{2(g)} + 2e \rightarrow 2Cl^-_{(aq)}$ ويمكن التعبير عن الخلية

$$Pt / H_{2(g)}(1atm) / H^+_{(aq)}(1M) || Cl^-_{(aq)}(1M) / Cl_{2(g)(1atm)} / Pt$$

ثالثاً:- أقطاب التأكسد والاختزال تتكون من غمر سلك من البلاتين او عمود من الكرافيت في محلول يحتوي على ايونات عنصر له حالتي تأكسد مختلفتين مثل ايونات الحديد Fe^{2+}, Fe^{3+} و Sn^{2+}, Sn^{4+}

تفاعل التأكسد $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + 1e^- anode$ ويمكن التعبير عنه

$Pt/ Fe^{2+}_{(aq)}(1M), Fe^{3+}_{(aq)}(1M)$ وكذلك تفاعل الاختزال هو عكس تفاعل التأكسد

على اليسار Pt / (الكاثود) و (الانود) / Pt وعلى اليمين وعلى سبيل المثال للتعبير عن الخلية دانيال ذات التفاعل العام : $Zn_{(S)} + Cu^{+2}_{(aq)} \rightarrow Cu_{(S)} + Zn^{+2}_{(aq)}$ ويعبر عن هذه الخلية كتابة على الصورة الاتية : $Zn / Zn^{+2}(1M) || Cu^{+2}(1M) / Cu$

تمرين (4-15) التفاعل العام لخلية كلفانية هو الآتي: $Cl_{2(g)} + 2Ag_{(s)} \rightarrow 2Cl^-_{(aq)} + 2Ag^+_{(aq)}$

عبر عن الخلية كتابة عند الظروف القياسية ثم بين تفاعلي التأكسد والاختزال

الاجابة:- نكتب تفاعلات التأكسد(الانود) والاختزال (الكاثود)

تفاعل التأكسد	$2Ag_{(s)} \rightarrow 2Ag^+_{(aq)} + 2e^- anode$
تفاعل الاختزال	$Cl_{2(g)} + 2e^- \rightarrow 2Cl^-_{(aq)} Cathode$

التعبير عن الخلية كتابة: $Ag_{(s)} / Ag^+_{(aq)}(1M) // Cl^-_{(aq)}(1M) / Cl_{2(g)}(1atm) / Pt$

تمرين(4-16) هل بامكان محلول HCl اذابة فلز الفضة الموجود في محلول يحتوي على ايون الفضة بتركيز 1M للخلية التالية علماً ان جهد الاختزال القياسي للفضة هو $E^0_{Ag^+/Ag} = +0.80V$

$$Ag_{(s)} / Ag^+(1M) || H^+_{(aq)}(1M) / H_{2(g)}(1atm) / Pt$$

الاجابة :- نكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الانود(التأكسد) والكاثود (الاختزال)

تضرب في2

$$2Ag_{(s)} \rightarrow 2Ag^{+}_{(aq)} + 2e^{-} \quad E^{0}_{anode} = -0.80(V)$$

$$2H^{+}_{(aq)} + 2e^{-} \rightarrow H_{2(g)} \quad E^{0}_{Cathode} = 0(V)$$

بالجمع

$$2Ag_{(s)} + 2H^{+}_{(aq)} \rightarrow 2Ag^{+}_{(aq)} + H_{2(g)} \quad E^{0}_{Cell} = -0.80(V)$$

.:. التفاعل لا تلقائي ولا يمكن اذابة فلز الفضة

العلاقة بين جهد الخلية وطاقة كبس الحرة القياسية وثابت الاتزان :-

ان الطاقة الكهربائية تقاس بوحدات الجول J والتي تنتجها الخلية تساوي جهد الخلية القياسي بوحدات الفولت مضروباً في الشحنة الكهربائية بوحدات الكولوم C المار خلال الخلية

س / اشتق العلاقة التي تربط بين الخلية القياسية وطاقة كبس الحرة القياسية وثابت الاتزان ؟

ج/ الطاقة الكهربائية= $E^{0}_{Cell} \times C ----(1)$

$C = n$ (عدد المولات الالكترونات) × F (الفراداي) $---(2)$ عند تعويض الاولى بالثانية نحصل Q التي تمثل الطاقة الكهربائية :

$Q(J) = E^{0}_{Cell} \times n \times F ---(3)$ بما ان الطاقة الكهربائية قيمتها =عكس قيمة الطاقة الحرة القياسية نحصل على العلاقة الاتية $\Delta G^{0} = -nFE^{0}_{Cell} ---(4)$ بما ان ΔG^{0} و K_{eq} لهم علاقة

$\Delta G^{0} = -RTInK_{eq} ---(5)$ وعند التعويض عن قيمة ΔG^{0} من المعادلة 4 في المعادلة5 نحصل

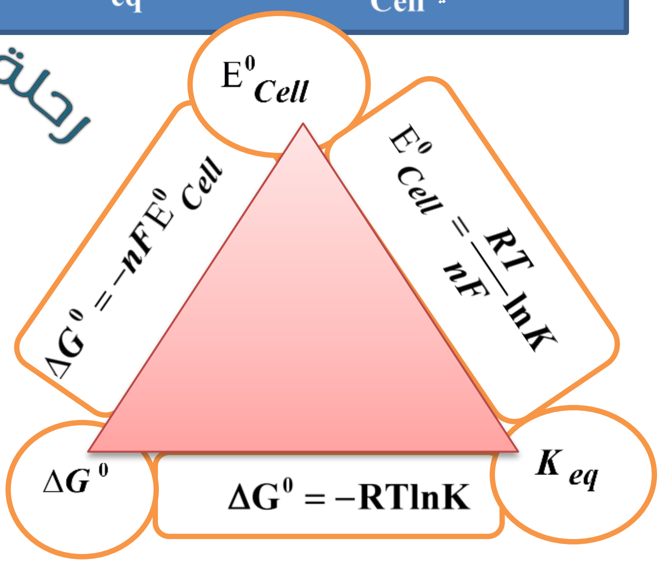
$-nFE^{0}_{Cell} = -RTInK_{eq} ---(6)$ وبالترتيب للمعادلة : $E^{0}_{Cell} = \frac{RT}{nF} InK_{eq} ---(7)$

ويمكن تبسيط العلاقة عند درجة $25C^{0}$ (298K) حيث ان

$$R = 8.314(J/K.mole), F = 96500(C/mol.e^{-}) \qquad E^{0}_{Cell} = \frac{0.026}{n} InK_{eq} ---(8)$$

ومن معادلة رقم (8) يمكن حساب جهد الخلية القياسي وكذلك ثابت الاتزان اذا كانت جهد الخلية القياسي معلوم في الظروف القياسية فقط اما في الظروف الغير قياسية نستعمل المعادلة رقم (7)

العلاقة بين الطاقة الحرة القياسية ΔG^{0} وجهد الخلية القياسي E^{0}_{Cell} وثابت الاتزان K_{eq}



التفاعل تحت الظروف القياسية	E^0_{Cell}	K_{eq}	ΔG^0
تكوين النواتج	موجبة	$K_{eq} > 1$	سالبة
النواتج = المتفاعلات	صفر	$K_{eq} = 1$	صفر
تكوين المتفاعلات	سالبة	$K_{eq} < 1$	موجبة

مثال (4-11) خلية كلفانية قياسية تفاعلها كالاتي : $2Ag^+_{(aq)} + Pb_{(s)} \rightarrow 2Ag_{(s)} + Pb^{2+}_{(aq)}$

احسب قيمة ΔG^0 وثابت الاتزان K_{eq} عند درجة $25C^0$ علماً ان جهد الاختزال القياسية

$$E^0_{Ag^+/Ag} = +0.80(V) \text{ و } E^0_{Pb^{2+}/Pb} = -0.13(V)$$

الحل / الحل / نكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الانود (تأكسد) والكاثود (اختزال)

$$Pb_{(s)} \rightarrow Pb^{2+}_{(aq)} + 2e^- \quad E^0_{Pb^{2+}/Pb} = +0.13V$$

تضرب في2

$$2Ag^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Ag_{(s)} \quad E^0_{Ag^+/Ag} = +0.80V$$

$$2Ag^+_{(aq)} + Pb_{(s)} \rightarrow Ag_{(s)} + Pb^{2+}_{(aq)}$$

$$E^0_{Cell} = E^0_{anode} + E^0_{Cathode} \Rightarrow E^0_{Cell} = +0.13V + (+0.80V) = +0.93V$$

$$\Delta^0 G = -nFE^0_{Cell} \Rightarrow \Delta^0 G = -2 \times 96500 \frac{C}{mole.e^-} \times 0.93(V)$$

$$\Delta^0 G = 19300 \times 0.93(J/mole) \Rightarrow \Delta^0 G = -179490(J/mole)$$

$$E^0_{Cell} = \frac{0.026}{n} InK_{eq} \Rightarrow +0.93 = \frac{0.026}{2} InK_{eq}$$

$$+0.93 = 0.013 \ln K_{eq} \Rightarrow InK_{eq} = \frac{0.93}{0.013} \Rightarrow InK_{eq} = \frac{930}{13}$$

$$\frac{In}{e} K_{eq} = e^{71.5} \Rightarrow K_{eq} = 1.127341 \times 10^{31} \approx 1.13 \times 10^{31}$$

تمرين (4-17) احسب التغير في طاقة كبس الحرة $\Delta^0 G$ لتفاعل الخلية القياسية الاتية عند درجة حرارة $25C^0$

$3Hg_2^{2+}{}_{(aq)} + 2Cr_{(s)} \rightarrow 6Hg_{(l)} + 2Cr^{3+}_{(aq)}$ اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية

$$E^0_{Hg_2^{2+}/Hg} = +0.85V, E^0_{Cr^{3+}/Cr} = -0.74(V)$$

الحل/ نكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الانود (تأكسد) والكاثود (الاختزال)

تضرب في 2
تضرب في 3

$$\begin{pmatrix} 2\left(Cr_{(s)} \to Cr^{3+}_{(aq)} + 3e^-\right) E^0_{anode} = +0.74(V) \\ 3\left(Hg_2{}^{2+}_{(aq)} + 2e^- \to Hg_{(l)}\right) E^0_{Cathode} = +0.85(V) \end{pmatrix} \Rightarrow$$

$$2Cr_{(s)} \to 2Cr^{3+}_{(aq)} + \cancel{6e^-}\ E^0_{anode} = +0.74(V)$$

$$3Hg_2{}^{2+}_{(aq)} + \cancel{6e^-} \to 3Hg_{(l)}\ E^0_{Cathode} = +0.85(V)$$

التفاعل العام للخلية

$$2Cr_{(s)} + 3Hg_2{}^{2+}_{(aq)} \to 2Cr^{3+}_{(aq)} + 3Hg_{(l)}$$

$$E^0_{Cell} = E^0_{anode} + E^0_{Cathode} \Rightarrow E^0_{Cell} = 0.74 + 0.85 = +1.59(V)$$

$$\Delta^0G = -nFE^0_{Cell} \Rightarrow \Delta^0G = -6 \times 96500\left(\frac{C}{mole.e^-}\right) \times 1.59(V)$$

$$\Delta^0G = -579000 \times 1.59(J/mole) \Rightarrow \boxed{\Delta^0G = -920610(J/mole)}$$

تمرين (4-18) لتفاعل الخلية القياسي التالي عند درجة حرارة $25C^0$

$2Fe^{3+}_{(aq)} + 2I^-_{(aq)} \to 2Fe^{2+}_{(aq)} + I_{2(g)}$ اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية

$E^0_{I_2/I^-} = +0.53(V), E^0_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} = +0.77(V)$ احسب

(آ)جهد الخلية القياسي (ب) طاقة كبس الحرة (ج) ثابت الاتزان

الحل/ نكتب تفاعل نصفي الخلية عند الانود (التأكسد) والكاثود (الاختزال)

$$2I^-_{(aq)} \to I_{2(g)} + \cancel{2e^-}\ E^0_{anode} = -0.53(V)$$

تضرب في 2

$$2Fe^{3+}_{(aq)} + \cancel{2e^-} \to Fe^{2+}_{(aq)} E^0_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} = +0.77(V)$$

التفاعل العام للخلية

$$2I^-_{(aq)} + 2Fe^{3+}_{(aq)} \to I_{2(g)} + Fe^{2+}_{(aq)} E^0_{Cell} = +0.24(V) \Rightarrow$$

$$\Delta^0G = -nFE^0_{Cell} \Rightarrow \Delta^0G = -2 \times 96500\left(\frac{C}{mole.e^-}\right) \times 0.24(V)$$

$$\Delta^0G = -193000\left(\frac{C}{mole.e^-}\right) \times 0.24(V) \Rightarrow \Delta^0G = -46320\left(\frac{J}{mole}\right)$$

$$E^0_{Cell} = \frac{0.026}{n} InK_{eq} \Rightarrow 0.24(V) = \frac{0.026}{2} InK_{eq} \Rightarrow 0.48(V) = 0.026InK_{eq}$$

$$InK_{eq} = \frac{0.48(V)}{0.026} = 18.46 \Rightarrow 2.3\log K_{eq} = 18.46 \Rightarrow \log K_{eq} = \frac{18.46}{2.3} = 8$$

$$\frac{\cancel{\log} K_{eq}}{\cancel{\log}} = \log^- 8 \Rightarrow \boxed{K_{eq} = 1 \times 10^8}$$

معادلة نير نست (اعتماد جهد الخلية على التركيز)
وهي المعادلة التي تربط جهد الخلية غير القياسي E_{Cell} مع جهد الخلية القياسي E^0_{Cell} ومن خلال حاصل القسمة Q (مع تراكيز مكونات الخلية) وتتعامل مع التراكيز المختلفة للأيونات تفاعلات التأكسد والاختزال وايجاد جهد الخلية غير القياسي وكذلك تراكيز ايونات التفاعل

س / ماهي العلاقة التي تربط الخلية غير القياسي E_{Cell} مع تراكيز مكونات الخلية ؟

الجواب / هي معادلة نيرنست في درجة $25C^0$ $E_{Cell} = E^0_{Cell} - \frac{0.026}{n} \ln Q$

س/ متى تكون($E_{Cell} = E^0_{Cell}$)

ج/ عندما تكون تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة بحالتها القياسية تساوي (1M)تصبح Q مساوية الى الواحد الصحيح وقيمةln Q تساوي صفراً

ملاحظة/ المواد الصلبة والسائلة لا تظهر في معادلة نيرنست اي تساوي واحد اذا كانت في المواد المتفاعلة اما اذا كانت في المواد الناتجة فأنها تظهر وتكون قيمتها واحد

يتم تحويل ln الى log وذلك حسب الاتي : ($\ln x = 2.3 \times \log x$) وتعطى قيمة $\log x$

س/ ما هي اهمية معادلة نيرنست ؟

ج/ 1-حساب جهد الخلية غير القياسي من معرفة جهد الخلية القياسي

2-حساب تراكيز الايونات المشتركة في اقطاب الخلية

3- حساب تركيز ايون الهيدروجين H^+ ثم حساب قيمة الاس الهيدروجين

مثال(4-12)احسب جهد الخلية E_{Cell} عند درجة الحرارة $25C^0$ للخلية التي تفاعلها العام $2Ag^+_{(aq)} + Cu_{(s)} \rightarrow 2Ag_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)}$ اذا علمت ان تراكيز الايونات $[Cu^{2+}] = 0.01M$ و $[Ag^+] = 0.01M$ وجهود الاختزال القياسي $E^0_{Cu^{2+}/Cu} = +0.34(V)$ و $E^0_{Ag^+/Ag} = +0.80(V)$

الحل/ نكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الانود (تأكسد) والكاثود(الاختزال)

$$Cu_{(s)} \rightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + \cancel{2e^-} \quad E^0_{anode} = -0.34(V)$$

$$2Ag^+_{(aq)} + \cancel{2e^-} \rightarrow Ag_{(s)} \quad E^0_{Cathode} = +0.80(V)$$ تضرب في 2

$$2Ag^+_{(aq)} + Cu_{(s)} \rightarrow Ag_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \quad E^0_{Cell} = E^0_{anode} + E^0_{Cathode}$$

$$E^0_{Cell} = -0.34(V) + 0.80(V) = 0.46(V)$$

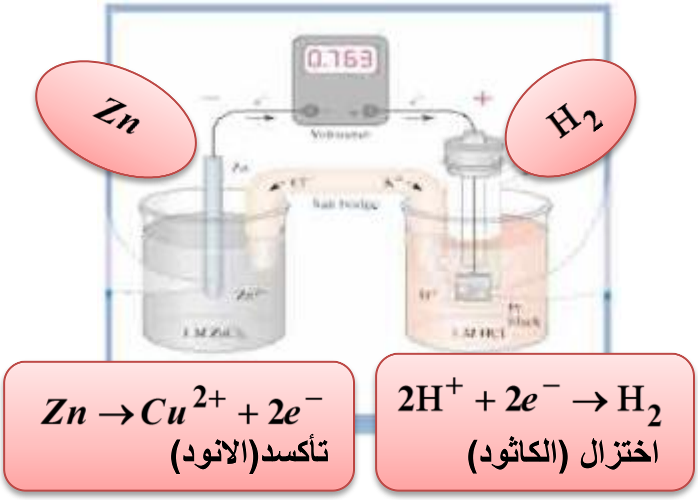
$$E_{Cell} = E^0_{Cell} - \frac{0.026}{n} \ln \frac{[Cu^{2+}]}{[Ag^+]^2} \Rightarrow E_{Cell} = 0.46(V) - \frac{0.026}{2} \ln \frac{0.01}{(0.01)^2}$$

$$E_{Cell} = 0.46(V) - 0.013 \ln 10^2 \Rightarrow E_{Cell} = 0.46(V) - 0.013(2.3 \times \log 10^2)$$

$$E_{Cell} = 0.46(V) - 0.013 \times (2 \times 2.3) \Rightarrow E_{Cell} = 0.46(V) - 0.013 \times 4.6$$

$$E_{Cell} = 0.46(V) - 0.0598 \Rightarrow \boxed{E_{Cell} = 0.4002(V)}$$

تمرين (4-19) باستخدام الخلية الكلفانية الموضحة في الشكل ادناه في تجربة وجد ان E^0_{Cell} للخلية تساوي 0.73V عند $25C^0$ افترض ان $[Zn^{2+}] = 0.1M$ وضغط غاز الهيدروجين $1atm$ احسب التركيز المولاري لأيونات H^+ اذا علمت ان جهد الاختزال للخارصين $E^0_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76(V)$



الحل نكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الانود(تأكسد)والكاثود (اختزال)

$$Zn_{(S)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \quad E^0_{anode} = +0.76(V)$$

$$2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)} \quad E^0_{Cathode} = 0.0(V)$$

$$Zn_{(S)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)} \quad E^0_{Cell} = +0.76(V) \Rightarrow$$

$$E_{Cell} = E^0_{Cell} - \frac{0.026}{n} \text{In} \frac{[Zn^{2+}]}{[H^+]^2} \Rightarrow E_{Cell} = 0.76(V) - \frac{0.026}{2} \text{In} \frac{0.1}{X^2}$$

$$0.73V - 0.76(V) = -0.013\left(2.3 \times \log \frac{0.1}{X^2}\right) \Rightarrow -0.03(V) = -0.0299 \log \frac{0.1}{X^2}$$

$$\log \frac{0.1}{X^2} = \frac{-0.03(V)}{-0.0299} = 1 \Rightarrow \frac{\log}{\log} \frac{0.1}{X^2} = \log^{-1} 1 \Rightarrow \frac{0.1}{X^2} = 10$$

$$X^2 = \frac{0.1}{10} = 0.01 \Rightarrow X = \sqrt{0.01} = 0.1 mole / L$$

تمرين(4-20) احسب $\Delta G, E_{Cell}, E^0_{Cell}$ للخلية الاتية :

$Mg_{(s)} / Mg^{2+}(0.05M) || Sn^{2+}_{(aq)}(0.04M) / Sn_{(s)}$ اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية

$$E^0_{Sn^{2+}/Sn} = -0.14(V), E^0_{Mg^{2+}/Mg} = -2.37(V)$$

الحل/ نكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الانود (تأكسد) والكاثود(الاختزال)

$$Mg_{(s)} \rightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + 2e^- \quad E^0_{anode} = +2.37(V)$$

$$Sn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Sn_{(s)} \quad E^0_{Cathode} = -0.14(V)$$

$$Mg_{(s)} + Sn^{2+}_{(aq)} \rightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + Sn_{(s)} \quad E^0_{Cell} = +2.23(V) \Rightarrow$$

$$E_{Cell} = E^0_{Cell} - \frac{0.026}{n} \ln \frac{[Mg^{2+}]}{[Sn^{2+}]} \Rightarrow E_{Cell} = 2.23(V) - \frac{0.026}{2} \ln \frac{0.05}{0.04}$$

$$E_{Cell} = 2.23(V) - 0.013 \ln 1.25 \Rightarrow E_{Cell} = 2.23(V) - 0.013(2.3 \log 1.25)$$

$$E_{Cell} = 2.23(V) - 0.013(2.3 \times 0.0969)$$

$$E_{Cell} = 2.23(V) - 0.013(0.223)$$

$$E_{Cell} = 2.23(V) - 0.002899 = 2.227(V) \Rightarrow \Delta G = -nFE_{Cell}$$

$$\Delta G = -2 \times 96500 \times 2.227 \Rightarrow \Delta G = -193000 \times 2.227 \Rightarrow \Delta G = -429811(J/mole)$$

الخلايا الالكتروليتية / هي الخلايا المستهلكة للتيار الكهربائي وفيها تتحول الطاقة الكهربائية الى طاقة كيميائية وتجري تفاعلاتها بشكل غير تلقائي اي ان قيمة الطاقة الحرة موجبة(ΔG=+) **ولها تطبيقات مهمة في الصناعة وتقسم الى قسمين خلايا التحليل الكهربائي تستخدم في تنقية الفلزات وخلايا عملية الطلاء الكهربائي وتستخدم لطلاء فلز معين بطبقة رقيقة من فلز اخر**

س قارن بين الخلية الكلفانية وخلايا الالكتروليتية ؟

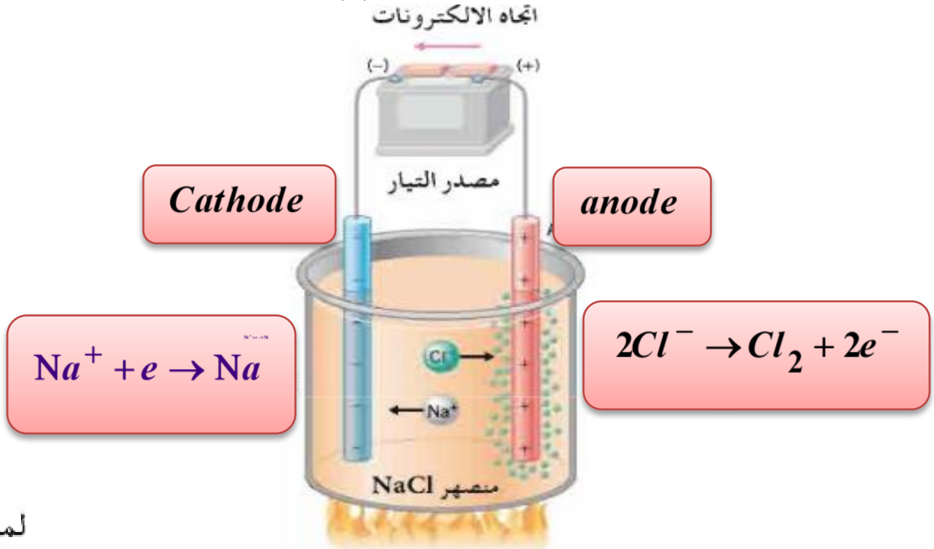
	الخلية الكلفانية (الفولتائية)	الخلايا الالكتروليتية(خلايا التحليل الكهربائي)
1	تستخدم التفاعل الكيميائي للحصول على طاقة كهربائية (مولدة للتيار الكهربائي)	تستخدم الطاقة الكهربائية لحدوث تفاعل كيميائي (مستهلكة للتيار الكهربائي)
2	تفاعلاتها تكون تلقائية أي ان قيمة (- =GΔ)	تفاعلاتها بصورة غير تلقائية أي قيمة(+=GΔ))
3	يستخدم فيها جسر ملحي	لا يستخدم فيها جسر ملحي
4	تنتقل فيها الالكترونات المتحررة من الذرة الى الايونات عبر السلك الموصل الخارجي بينما تنتقل الايونات بين المحلولين بواسطة الجسر الملحي	تنتقل فيها الالكترونات المتحررة من مصدر الجهد (البطارية)الخارجي اما الايونات الموجبة والسالبة الموجودة في المحلول (الالكتروليتي)او المواد المنصهرة
5	مثل خلية دانيال وبطاريات (نضائد)الاجهزة الكهربائية وبطارية تشغيل السيارات	مثل خلية الطلاء الكهربائي او خلايا تنقية الفلزات

اولاً:-خلية التحليل الكهربائي لمنصهر كلوريد الصوديوم :-
وهي الخلايا التي يتم فيها استخدام الطاقة الكهربائية لجعل تفاعل الخلية الالكتروليتية غير التلقائي يحدث وهي نوع من انواع الخلايا الالكتروليتية

س / وضح ممن تتكون خلية التحليل الكهربائي لمنصهر كلوريد الصوديوم مع الرسم وتفاعلات نصفي الخلية والتفاعل العام للخلية ؟
ج/ تتكون من منصهر كلوريد الصوديوم وعند توصيل مصدر التيار تتحلل الى ايونات الصوديوم والكلوريد والتي

تغمر فيها اقطاب من الكاربون او البلاتين في منصهر كلوريد الصوديوم فيحدث :
تفاعل التأكسد (الانود) يحدث عند ايون الكلوريد وتفاعل الاختزال (الكاثود)يحدث عند ايون الصوديوم كما في تفاعلاتها :-

تفاعل التأكسد(الانود)	$2Cl^-_{(aq)} \rightarrow Cl_{2(g)} + \cancel{2e^-}$ anode
تفاعل الاختزال(الكاثود)	$2Na^+ + \cancel{2e^-} \rightarrow 2Na_{(s)}$ Cathode
تفاعل الخلية العام	$2Cl^-_{(aq)} + 2Na^+_{(aq)} \rightarrow Cl_{2(g)} + 2Na_{(s)}$



خلية التحليـــــل الكهربائي لمنصهر كلوريد الصوديوم

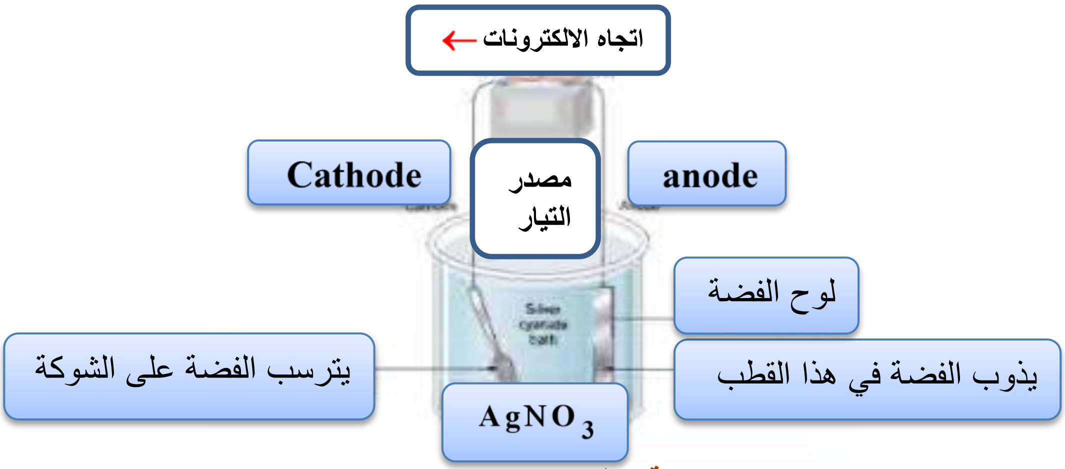
س/ علل يجب بقاء الصوديوم مفصولاً عن غاز الكلور؟
ج/ لكي لا يتفاعل الصوديوم مع غاز الكلور بشكل تلقائي لتكوين كلوريد الصوديوم مرة اخرى

ثانياً:- خلايا الطلاء الكهربائي :- وهي الخلايا التي يستخدم بها التحليل الكهربائي لطلاء فلز معين بطبقة رقيقة من فلز اخر ولها اهمية كبرى تتمثل بحماية المعادن من الصدأ او التآكل
س/ وضح ممن تتكون خلية الطلاء الكهربائي مع ذكر محلول الخلية ؟
ج/ (1) وتتركب من قطب الانود ويتكون من الفلز النقي المراد الطلاء به مثل الفضة النقي او الذهب النقي
(2) ومن قطب الكاثود الذي يتكون من السطح المراد طلاؤه مثل ملعقة الطعام او خاتم
(3) ومن محلول حاوي على احد املاح الفلز النقي مثل نترات الفضة او نترات الذهب

س / علامة تعتمد جودة خلية الطلاء الكهربائي على عاملين مهمين هما :-
1-ان تكون شدة التيار الكهربائي المستخدم ضعيفة 2- تركيز ايونات الفلز المراد الطلاء به قليل
س / ماهي شروط الطلاء ؟
1- شدة التيار الكهربائي ضعيف 2 - تركيز ايونات الفلز المراد الطلاء به قليل

س / وضح بالرسم وتفاعلات خلية الطلاء الكهربائي ممن تتكون؟ ؟

1- تفاعل التأكسد(الانود) يمثل الفلز النقيAg او الذهب النقي Au
2-تفاعل الاختزال (الكاثود) ويمثل السطح المراد طلاؤه مثل ملعقة الطعام او خاتم وتحتوي على محلولها الملحي مثل$AgNO_3$,$Au(NO_3)_3$



خلية الطلاء الكهربائي

س ما هي الشروط والمواصفات الواجب توفرها والخاصة بالتغطية الفلزية المطبقة على السطوح باستخدام الطرق الكهروكيميائية هي:-

1- التصاق طبقة الطلاء 2- تماسك طبقة الطلاء

س كيف تتم طريقة التصاق طبقة الطلاء

1- التنظيف الكيميائي يجب معالجتها بالأحماض المعدنية الساخنة بعد ازالة الشحوم ان وجدت بواسطة مذيب عضوي مثل رباعي كلوريد الكاربون CCl_4 و ثنائي كلوريد الأيثان $C_2H_4Cl_2$

2- التنظيف الميكانيكي ويتم معالجة السطح بمجموعة من اوراق الصنفرة لغرض تنظيفه بشكل كامل ولها عيوب اهمها :

آ- تؤدي الى حدوث تشوهات في سطح الفلز

ب – قد تتداخل بعض حبيبات اوراق الصنفرة مع جسم الفلز تتماسك مع طبقة الطلاء وبالتالي تؤدي الى نتيجة عكسية

س كيف تتم طريقة تماسك طبقة الطلاء

تعتمد تماسك حبيبات الطلاء على:

1- تركيز الالكتروليت الوسط الذي تتوفر فيه الايونات الناقلة للفلز المترسب يجب ان يكون تركيزها قليل

2- كثافة التيار زيادتها تؤدي الى تفكك الطلاء لذا يجب ان تكون ضعيفة

3- درجة الحرارة عندما تكون عالية يؤدي الى تفكك الطلاء لذا يجب ان تكون مناسبة لحدوث الطلاء

4- استخدام مواد عضوية غروية مثل الغراء والجلاتين حيث تساعد على تماسك طبقة الطلاء ان هذه المواد تستهلك اثناء الطلاء السبب يعود الى اوزانها الجزيئية العالية والتي بدورها يكون لها ميل للاستقرار السطوح الفاصلة مما يساعد في ملئ الاسطح وجعلها متساوية بكونها تعطي طبقة طلاء ناعمة

قوانين فأراداي :- استطاع العالم فاراداي بالتجارب العملية ان يبرهن قوانين التحليل الكهربائي وهذه القوانين التي تنص على الآتي:

القانون الاول : هو كتلة اي مادة تترسب على الكاثود او تذوب من الانود او تتحرر كغازات عند هذه الاقطاب تتناسب طردياً مع الكمية الكهربائية التي تمر خلال الخلية الكهربائي

القانون الثاني :هو كتل المواد المختلفة التي تترسب على الكاثود او تذوب من الانود او تتحرر كغازات عند هذه الاقطاب باستخدام نفس الكمية من الكهربائية تتناسب طردياً مع الكتل المكافئة للمواد المختلفة

س/ ما هي العمليات التي تجري عند اقطاب الخلية الكهربائية ؟

ج/ 1- قطب الكاثود (أ)تختزل ايونات الفلز الى ذراته وتترسب عليه
(ب)تتحرر الغازات التي تحمل ايوناتها في المحلول شحنة موجبة مثل H_2 وغيره
2- قطب الانود (أ) تتأكسد الفلزات اي تذوب في محلوله اي ان الفلز يعاني ذوباناً او اضمحلالاً
(ب) تتحرر الغازات التي تحمل ايوناتها في المحلول شحنة سالبة مثل غاز O_2 , Cl_2

يجب ان نتعرف على بعض المصطلحات:

اولاً:- التيار الكهربائي (I) ووحدته الامبير (A) ثانياً:- الشحنة الكهربائية (Q) ووحدتها الكولوم (C)
وقد تقاس (Q) بعدد مولات الالكترونات والتي تساوي الكولومات (Q) مقسوما على فاراداي (F)

$$F = 96500\left(C/mole.e^-\right)$$

بعض القوانين المهمة كما مبين في الجدول الاتي :

$Q(C) = I(A)\times t(s)$	$Q = \dfrac{I(A)\times t(s)}{96500}$
$n = Q\times\dfrac{1mole}{Q}$ او $Q = \dfrac{\text{عددالالكترونات}}{\text{عددافوكادرو}}$	$n = \dfrac{V(L)\times 1mole}{22.4L}$
n(mole) = $\dfrac{\text{عدد الذرات المترسبة}}{\text{عدد افوكادرو}}$ $m(g) = n(mole)\times M(g/mole)$	n(mole) = $\dfrac{\text{عدد الجزيئات المتحررة}}{\text{عددافوكادرو}}$ $PV = nRT$

س كيف تحل الامثلة الخاصة بالكمية الكهربائية (قوانين فاراداي)

اولاً:- اذا كانت عدد غرامات اي مادة معلومة نستخرج عدد المولات من القانون التالي: $n = \dfrac{m(g)}{M(g/mole)}$

اما اذا كان التراكيز والحجم معلوم نستخرج عدد المولات من القانون التالي: $n = M(mole/L)\times V(L)$

في كلتا الحالتين نجد الكمية الكهربائية اي تحويل المولات الى Q نكتب تفاعل احد نصفي الخلية ونجد منه الكمية الكهربائية Q بعد اخذ عدد الالكترونات من التفاعل ويحل محل Q في المقدار $\dfrac{1mole}{Q}$ من القانون التالي:

$n(mole) = Q\times\dfrac{1mole}{Q}$ ويمكن بعدها ايجاد التيار الكهربائي او الزمن مثل تمرين 13,14

ثانياً :- اذا كانت الكمية الكهربائية Q معلومة يجب تحويلها الى عدد المولات من القانون التالي :

$n(mole) = Q\times\dfrac{1mole}{Q}$ ثم نحسب عدد الغرامات من القانون $m(g) = n(mole)\times M(g/mole)$

او نجد التيار الكهربائي مباشرةً اذا كانت Q معلومة او نجد الزمن

ثالثاً:- اذا كانت النسبة المئوية معطاة بالسؤال نتخذ ما يلي :-

1- نجد Q الكلية من القانون التالي : $Q = \dfrac{I(A)\times t(s)}{96500}$ الكلية

2- $\% = \dfrac{X}{Q_T}\times 100\%$ حيث تمثل X الجزء المستهلك بينما تمثل Q_T الكمية الكهربائية الكلية

3 - نكتب تفاعل نصف الخلية ونستخرج عدد المولات من $n(mole) = Q\times\dfrac{1mole}{Q \frown e^-}$

4- نجد عدد غرامات المترسبة عند القطب $m(g)=n(mole)\times M(g/mole)$ او نحول المولات الى حجم من القانون الاتي: $PV=nRT$ مثل س35 من اسئلة الكتاب

رابعاً :- اذا كان عدد المولات المتبقي معلوم نستخرج عدد المولات الكلي اولاً وبعدها نستعمل القانون الاتي: (المتبقي $-n$ لكلي $n=n_T$ المستهلك) ثم نكتب معادلة نصف الخلية ونأخذ منها e^- عدد الالكترونات منه ثم نستخدم القانون التالي لاستخراج Q

$Q=n\times\frac{Q\curvearrowright e^-}{1mole}$ وبعدها يمكن ان نجد التيار او الزمن من $Q=\frac{I(A)\times t(s)}{96500}$ كما في المثال 14 في المنهج

خامساً :- اذا كان الحجم معلوم نحوله الى عدد المولات من $n(mole)=V(L)\times\frac{1mole}{22.4(L)}$

تم نجد Q من $Q=n\times\frac{Q\curvearrowright e^-}{1mole}$ وبعدها نجد التيار 0 ويمكن حساب عدد الذرات من $atoms=n\times N_A$

حيث ان N_A تمثل عدد افوكادرو 6.023×10^{23}

ملاحظات :-

1- يجب تحويل الضغط الى (atm) اي نقسم الضغط على 760

2- نحول الزمن من دقائق او ساعات الى الثانية (الدقائق تضرب في 60 ثانية اما الساعة تضرب في 3600

3- اذا كانت المولات معلومة نحولها الى Q ثم نكمل الحل كما مبين سابقاً

اما اذا كانت الكمية الكهربائية معلومة نحولها الى عدد المولات ثم نكمل الحل كما مبين سابقاً

اما اذا كان الحجم معلومة نحولها الى عدد المولات ثم نحولها الى Q حسب السؤال نكمل الحل كما مبين سابقاً

اما اذا كان حساب الحجمين من الغازات والكمية الكهربائية معلومة نكتب تفاعل الخلية وعدد الجزيئة التي تتحلل مثل تحلل الماء

$$H_2O \rightarrow 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$$
$$y \quad \text{معلومة} \quad 2X \quad X$$

نجمع الحجمين $y=2X+X$ ونجد قيمهم ثم نأخذ حجم الاوكسجين الواحد في تفاعل مول واحد فقط ونحوله الى عدد المولات ثم نكمل الحل كما مبين سابقاً

تمرين (4-21) ماهي شدة التيار الكهربائي الذي يجب امراره في محلول كلوريد الذهب $AuCl_3$ لمدة 200S ليرسب 3g من الذهب الكاثود الكتلة المولية للذهب 197g/mole

الاجابة :- نحسب عدد المولات

$$n=\frac{m(g)}{M(g/mole)}\Rightarrow n(mole)=\frac{3(g)}{197(g/mole)}=0.015(mole)$$

نكتب تفاعل نصف الخلية (الكاثود)

$$\begin{pmatrix} Au^{3+}+3e^- \rightarrow & Au\downarrow \\ 3mole.e^- & 1mole \\ Q & 0.015mole \end{pmatrix}\Rightarrow \boxed{\begin{array}{l} Q=n(mole)\times\frac{Q_{\rightarrow}e^-}{1mole} \\ Q=\frac{3mole.e^-\times0.015\,mole}{1\,mole}\end{array}}$$

$$Q=0.045mole.e^-\Rightarrow Q=\frac{I(A)\times t(s)}{96500}\Rightarrow 0.045mole.e^-=\frac{I(A)\times200(s)}{96500}$$

$$0.045mole.e^{-}\times 96500 = I(A)\times 200(s) \Rightarrow 4342.5 = I(A)\times 200(s)$$

$$I(A) = \frac{4342.5}{200(s)} = 21.7(A)$$

تمرين (4-22) محلول من كبريتات $CuSO_4$ تركيزه 0.2M وحجمه 600mL امرر فيه تيار كهربائي شدته 96.5A 0 احسب الزمن اللازم لكي يبقى 0.03mole من ايون النحاس الاجابة:- نحسب عدد المولات الكلي

$$n(mole) = M(mole/L)\times V(L) \Rightarrow n(mole) = 0.2(mole/L)\times \frac{600}{1000}(L)$$

$$n(mole) = 0.2\times 0.6 = 0.12(mole)$$

ثم نحسب عدد المولات المستهلكة: (n المستهلك $= n_T$ الكلي $- n$ المتبقي)

$$n(mole) = 0.12 - 0.03 = 0.09mole$$

ثم نحول المولات الى الكمية الكهربائية

$$Q = n\times \frac{Q \curvearrowright e^{-}}{1mole} \Rightarrow Q = 0.09\,mole \times \frac{2mole.e^{-}}{1\,mole} = 0.18mole.e^{-}$$

$$Q = \frac{I(A)\times t(s)}{96500(C/mole.e^{-})} \Rightarrow 0.18\,mole.e^{-} = \frac{96.5(A)\times t(s)}{96500(C/mole.e^{-})}$$

$$0.18\times 96500(C) = 96.5(A)\times t(s) \Rightarrow t(s) = \frac{17370(C)}{96.5(A)} = 180(s)$$

مثال (4-13) لتفاعل نصف الخلية الاتي : $Mg^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \rightarrow Mg_{(s)}$ احسب عدد غرامات المغنسيوم التي يمكن انتاجها من فلز المغنسيوم عند امرار تيار شدته 25A لفترة ساعة واحدة 1hr علماً ان الكتلة المولية للمغنيسيوم تساوي 24g/mole ما هي عدد ذرات المغنسيوم المترسبة عند الكاثود وتحت نفس الظروف

الاجابة:- وحدة الزمن في علاقة فاراداي هي الثانية لذا نحول الساعة الى ثواني :

$$t(s) = t(hr)\times \frac{3600(s)}{1(hr)} \Rightarrow t(s) = 1(hr)\times \frac{3600(s)}{1(hr)} = 3600(s)$$

نجد الكمية الكهربائية المارة في الخلية بدلالة عدد مولات الالكترونات

$$Q(mole.e^{-}) = \frac{I(A)\times t(s)}{96500(C/mole.e^{-})} \Rightarrow Q(mole.e^{-}) = \frac{25(A)\times 3600(s)}{96500C/mole.e^{-}}$$

$$Q(mole.e^{-}) = \frac{90000(A.s)}{96500C/mole.e^{-}} = 0.93(mole.e^{-})$$

من معادلة اختزال المغنسيوم نجد $2mole.e^{-}$ يترسب 1mole من المغنسيوم كما في التفاعل

$Mg^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \rightarrow Mg_{(s)}$ لذا فعدد مولات المغنسيوم تساوي

$$n(mole) = Q(mole.e^{-})\times \frac{1(mole)}{Q \curvearrowright e^{-}} \Rightarrow n(mole) = 0.93\,mole.e^{-}\times \frac{1(mole)}{2\,mole.e^{-}} = 0.45mole$$

ولتحويل عدد المولات الى كتلة

$$m(g)=n(mole)\times M(g/mole)$$

$$m(g)=0.45(\cancel{mole})\times 24(g/\cancel{mole})\Rightarrow m(g)=10.8(g)$$

عدد الذرات = عدد المولات ×عدد افو كادرو

$$atoms=N_A\times n(mole)\Rightarrow atoms=6.023\times 10^{23}(atoms/\cancel{mole})\times 0.45\cancel{mole}$$

$$atoms=2.7\times 10^{23}atoms$$

تمرين 4-(23) احد التفاعلات النصفية للتحليل الكهربائي للماء هو:

$2H_2O_{(l)}\rightarrow O_{2(g)}+4H^+_{(aq)}+4e^-$ فاذا تم جمع $0.08L$ من O_2 عند $25C^0$ وضغط $755mm.Hg$

فاحسب عدد مولات الالكترونات التي يجب تمريرها في المحلول (معلومة) $1atm=760mm.Hg$

ج / $0.012mol.e^-$

الاجابة نجد عدد المولات

$$n(mole)=V(L)\times\frac{1mole}{22.4L}\Rightarrow n(mole)=0.08(\cancel{L})\times\frac{1mole}{22.4\cancel{L}}$$

$$n(mole)=\frac{0.08mole}{22.4}=0.0035(mole)\approx 0.003(mole)$$

ومن معادلة تحلل الماء نجد ان $4mole.e^-$ ترسب مول واحد من الاوكسجين فعدد مولات الاوكسجين

$$n(mole)=Q(mol.e^-)\times\frac{1(mole)}{Q_{e^-}}$$

$$0.003(mole)=\frac{Q}{4mol.e^-}\Rightarrow Q=0.003\times 4=0.012mol.e^-$$

حل اخر:-

$$PV=nRT\Rightarrow\frac{755}{760}atm\times 0.08(L)=n\times 0.082\times 298K$$

$$0.993atm\times 0.08(L)=n24.436\Rightarrow n=\frac{0.079}{24.436}=0.003mole$$

$$Q=n(mole)\times\frac{Qe^-}{1mole}\Rightarrow Q=0.003\cancel{mole}\times\frac{4mol.e^-}{1\cancel{mole}}$$

$$Q=0.012mol.e^-$$

البطاريات (النضائد) وخلايا الوقود : تسمى النضائد عادة بالخلايا الكلفانية والتي تصنف الى نوعين :
اولية وهي التي لا يمكن اعادة شحنها وثانوية والتي يمكن اعادة شحنها وتتكون من تجمع عدد من الخلايا تربط على التوالي تساوي جهدها

س/ ما هي استعمالات بطارية الخزن الرصاصية ؟

ج/ في تشغيل السيارات وكثير من المعدات الكهربائية الصناعية

س / ممن تتكون بطارية الخزن الرصاصية ؟ ج/ اولاً :- من مجموعة (ثلاث او ست) من الخلايا جهد كل واحدة أكثر بقليل من 2V جهدها 6V او 12V على التوالي

ثانياً:- من قطبين احدهما مصنوع من الرصاص Pb الانود والاخر مصنوع من PbO_2 الكاثود مغمورين

بمحلول حامض الكبريتيك H_2SO_4 كثافته تتراوح عند شحن البطارية (1.3g/mL - 1.2g/mL)

س/ ماهي تفاعلات نصفي خلية الخزن الرصاصية ؟

تفاعل التأكسد(الانود) $Pb_{(s)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow PbSO_{4(S)} + 2e^- anode$

تفاعل الاختزال (الكاثود) $PbO_{2(S)} + 4H^+{}_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow PbSO_{4(S)} + 2H_2O_{(l)}$

تفاعل الخلية العام $Pb_{(s)} + PbO_{2(S)} + 2H_2SO_{4(l)} \rightarrow 2PbSO_4\downarrow_{(S)} + 2H_2O_{(l)}$

س/ علل تتشابه اقطاب البطارية عند فقدانها للشحن ؟ ج/ تكون راسب ابيض من كبريتات الرصاص $PbSO_4$ يغطي سطح القطبين مما يؤدي الى زيادة الماء وبالتالي الى انخفاض كثافة محلول حامض الكبريتيك H_2SO_4

س / يصعب شحن البطارية عند فقدانها كفائتها ؟

ج/ لان قسم من $PbSO_4$ المترسبة على الاقطاب يسقط في محلول البطارية

س / وضح ممن تتكون الخلية الجافة ؟ ما هي تفاعلات نصفي الخلية ؟

ج/ 1- الانود عبارة عن اناء خارصين يحتوي على عجينة رطبة من كلوريد الخارصين وكلوريد الامونيوم

2 – الكاثود ويتكون من الكاربون (الكرافيت)يحيط به ثنائي اوكسيد المنغنيز

تفاعل عند الانود $Zn_{(s)} + 2OH_{(aq)} \rightarrow Zn(OH)_{2(S)} + \cancel{2e}$

تفاعل عند الكاثود $2MnO_{2(S)} + 2H_2O_{(l)} + \cancel{2e} \rightarrow 2MnO(OH)_{(S)} + \cancel{2OH_{(aq)}}$

تفاعل الخلية العام $Zn_{(s)} + 2MnO_{2(S)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow Zn(OH)_{2(S)} + 2MnO(OH)_{(S)}$

س اهم مميزات الخلية الجافة ؟ج/ جهدها 1.48V وغير قابلة للشحن وتستخدم في اجهزة الراديو والحاسوب وغيرها

س قان بين الخلية الرصاصية والخلية الجافة من حيث المميزات؟ الاجابة:-

ت	الخلية الرصاصية	الخلية الجافة
1	جهدها 2V	جهدها 1.48V
2	يمكن اعادة شحنها	وغير قابلة للشحن
3	تستعمل في بطارية السيارات	وتستخدم في اجهزة الراديو والحاسوب وغيرها

(اجوبة الفصل الرابع)

س(1-4) اختر الجواب الصحيح مع بيان السبب بوضوح

1- في خلية تحليل كهربائياً تتحرر 6.02×10^{22} جزيء من غاز على كاثود الخلية فان حجم الغاز المتحرر باللتر على قطب الانود عند STP يساوي ؟

آ- 22.4L ب- 2.24L ج- 1.12L

الجواب الاختيار ب- 2.24L لان عدد المولات = عدد الجزيئات / عدد افوكادرو

$$n = \frac{6.02\times10^{22}}{6.023\times10^{23}} = \frac{0.602}{6.023} = 0.1mole \Rightarrow VL = n\times\frac{22.4L}{1mol}$$

$$VL = 0.1\cancel{mol}\times\frac{22.4L}{\cancel{1mol}} = 2.24L$$

2- خلية فولتائية قطباها الهيدروجين والفضة القياسيان جهد اختزال الفضة القياسي يساوي 0.8V فان قيمة ΔG^0 لها بوحدات KJ تساوي ؟ آ- 154.4 ب- −154.4 ج- −1544

بما ان احد اقطاب الخلية هو الهيدروجين في الظروف القياسية .:. **جهد الخلية القياسي يساوي جهد اختزال الفضة**

$$E^0_{cell} = 0.8V \Rightarrow \Delta G^0 = -nFE^0_{cell} \Rightarrow \Delta G^0 = -2 \times 96500 \times 0.8$$

$$\Delta G^0 = -193000 \times 0.8 = -154400(J) \Rightarrow \Delta G^0 = \frac{-154400}{1000} = -154.4Kj$$

الاختيار ب

3- عدد الالكترونات اللازمة لترسيب 6.35g من النحاس في محلول ايوناته في خلية الكتروليتية $(M_{Cu} = 63.5)$

آ- 12.04×10^{22} ب- 1.204×10^{22} ج- 6.02×10^{22}

الجواب $n = \frac{m}{M} = \frac{6.35}{63.5} = 0.1mole$.:. **عدد الالكترونات = المولات × افوكادرو**

عدد الالكترونات $= 0.1 \times 6.023 \times 10^{23} = 6.023 \times 10^{22}$.:. **الاختيار ج**

4- في الخلية الاتية $Cr / Cr^{3+}(0.1M) || Sn / Sn^{2+}(0.01M)$ **بدرجة حرارة** $25C^0$ **لها** $\Delta G = -324529J$ **فان الجهد للخلية يساوي** آ- $0.6V$ ب- $0.96V$ ج- $-0.52V$

الجواب

$$\Delta G^0 = -nFE^0_{cell} \Rightarrow -324529.5(J) = -6 \times 96500 \times E^0_{cell}$$

$$E^0_{cell} = \frac{-324529.5}{-579000} = 0.5605V$$

الاختيار آ

5- كتب طالب في خلية تحليل محلول كلوريد الصوديوم فان الكلور يتحرر عند الانود والصوديوم يترسب عند ا لكاثود الذي ارتكبه الطالب : آ- الكلور يتحرر عند الكاثود ب- الهيدروجين عند الكاثود ج- الصوديوم يترسب عند الانود

الجواب ج لان الايون الصوديوم الموجب يختزل عند الكاثود ويترسب $Na^{+1} + e^- \rightarrow Na\downarrow$

6- حجم غاز الكلور المتحرر عند STP بعد مرور $0.02mol.e^-$ **في محلول خلية يحتوي على ايونات** Cl^- **يساوي :** آ- $0.224L$ ب- $2.24L$ ج- $22.4L$

الجواب الاختيار (آ)

$$n = Q \times \frac{1mole}{Q} \Rightarrow n = 0.02 \times \frac{1mol}{2} = 0.01mol$$

$$V(L) = n \times \frac{22.4L}{1mol} \Rightarrow V(L) = \frac{0.01 \times 22.4}{1mol} = 0.224L$$

س(4-2)عند الظروف القياسية $25C^0$ **وضغط 1atm أي تفاعل سيجري تلقائياً في محلول مائي يحتوي على أيونات** Ce^{4+} **و**Ce^{3+} **و**Fe^{3+} **و**Fe^{2+} **احسب** ΔG^0 **و**K_{eq} **لهذا التفاعل اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية**

$E^0_{Ce^{4+}/Ce^{3+}} = +1.61(V)$ و $E^0_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} = +0.77(V)$ ج/ $-81060J/mol$ 1.1×10^{14}

الاجابة :- نكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الانود (تأكسد) والكاثود (الاختزال)

$Fe^{2+}_{(aq)} \rightarrow Fe^{3+}_{(aq)} + 1e$ $E^0_{anode} = -0.77(V)$	تفاعل التأكسد
$Ce^{4+}_{(aq)} + 1e \rightarrow Ce^{3+}_{(aq)}$ $E^0_{Cathode} = +1.61(V)$	تفاعل الاختزال

$$Fe^{2+}_{(aq)} + Ce^{4+}_{(aq)} \rightarrow Fe^{3+}_{(aq)} + Ce^{3+}_{(aq)} \quad E^0_{Cell} = +0.84(V)$$

$$\Delta^0G = -nRTE^0_{Cell} \Rightarrow \Delta^0G = -1 \times 96500\left(C / mole.e^-\right) \times 0.84(V)$$
$$\Delta^0G = -96500\left(C / mole.e^-\right) \times 0.84(V)$$
$$\boxed{\Delta^0G = -81060\left(J / mole\right)} \Rightarrow E^0_{Cell} = \frac{0.026}{n} InK_{eq}$$

$$0.84(V) = \frac{0.026}{1} InK_{eq} \Rightarrow InK_{eq} = \frac{0.84(V)}{0.026} = 32.3 \Rightarrow$$

بالقسمة على log

$$InK_{eq} = 32.3 \Rightarrow 2.3 \times \log K_{eq} = 32.3 \Rightarrow \log K_{eq} = \frac{32.3}{2.3}$$
$$\log K_{eq} = 14.04347826086957 \Rightarrow \frac{\log}{\log} K_{eq} = \log^{1-} 14.043 \Rightarrow K_{eq} = 1.1 \times 10^{14}$$

س(4-3) عرف المصطلحات الاتية : الانود، القوة الدافعة الكهربائية، جهد الاختزال ، الجسر الملحي

الانود هو القطب الذي تجري عنده عملية الاكسدة والذي يكون مصدراً للالكترونات

القوة الدافعة الكهربائية / هي الجهد عبر الاقطاب في الخلية الكلفانية ويدعى بجهد الخلية E^0_{Cell} وبالرغم من دلالة الاسم فهو مقياس للجهد وليس للقوة

جهد الاختزال القياسي :- هو الجهد القياسي الذي يمثل اقطاب الخلية القياسية عند الانود والكاثود في الظروف القياسية عند درجة $25C^0$ وتركيز 1M ويقاس بالفولت

الجسر الملحي :-وهو عبارة عن انبوب زجاجي على شكل حرف U مقلوب يحتوي على محلول الكتروليتي خامل لا يتغير كيميائياً خلال العملية و يثبت بداخلها بمادة الاكار مادة صمغية صلبة في درجة حرارة الغرفة وسائلة عند تسخينها

س(4-4) احسب ثابت فاراداي وبين وحداته .

الاجابة:-

$$F = N_A \times e^- \Leftrightarrow F = 6.023 \times 10^{23} \times 1.6 \times 10^{-19}(C)$$
$$F = 96478\left(C / mole.e^-\right) \approx 96500\left(C / mole.e^-\right)$$

س(4-5) اكتب العلاقة التي تربط ΔG^0 مع K_{eq} و E^0_{Cell} وعرف جميع الرموز التي تحتويها .

الاجابة:-

$$\Delta^0G = -RTInK_{eq}$$

ΔG^0 تمثل الطاقة الحرة القياسية و R يمثل ثابت العام للغازات $8.314\left(J / K.mole\right)$

و T تمثل درجة الحرارة المطلقة $T(K) = \left(C^0 + 273\right)$ و K_{eq} يمثل ثابت الاتزان الكيميائي

س(4-6) اكتب معادلة نيرنست وعرف جميع الرموز التي تحتويها

الاجابة:- $E_{Cell} = E^0_{Cell} - \frac{0.026}{n} InQ$ حيث ان Q يمثل حاصل القسمة تراكيز المواد الناتجة مقسومة على تراكيز المواد المتفاعلة وكل منهما مرفوع لاس يمثل عدد المولات في المعادلة الكيميائية الموزونة و n يمثل عدد المولات للالكترونات المفقودة او المكتسبة E^0_{Cell} جهد الخلية القياسي E_{Cell} مثل جهد الخلية غير قياسي

س(4-7) احسب E^0_{Cell} للخلية المكونة من نصفي التفاعل Zn/Zn^{2+} و SHE كم سيكون جهد الخلية E_{Cell} اذا كان $\left[Zn^{2+}\right]=0.4M$ و $P_{H_2}=1atm$, $\left[H^+\right]=0.2M$ اذا علمت ان جهد الاختزال القياسي $E^0_{Zn^{2+}/Zn}=-0.76(V)$ ج/ $+0.73(V);+0.76(V)$

الاجابة :- نكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الانود (تأكسد) والكاثود (الاختزال)

تفاعل تأكسد عند الانود $Zn_{(s)}\rightarrow Zn^{2+}_{(aq)}+2e^- \quad E^0_{(anode)}=+0.76(V)$

تفاعل الاختزال عند الكاثود $2H^+_{(aq)}+2e^-\rightarrow H_{2(g)} \quad E^0_{(Cathode)}=0.0(V)$

تفاعل الخلية العام $Zn_{(s)}+2H^+_{(aq)}\rightarrow Zn^{2+}_{(aq)}+H_{2(g)} \quad E^0_{Cell}=+0.76(V)$

$(1.8)^2 \qquad 0.45$

$$E_{Cell}=E^0_{Cell}-\frac{0.026}{n}In\frac{\left[Zn^{2+}\right]}{\left[H^+\right]^2}\Rightarrow E_{Cell}=0.76-\frac{0.026}{2}In\frac{0.4}{(0.2)^2}$$

$$E_{Cell}=0.76-0.013In\frac{0.4}{0.04}\Rightarrow E_{Cell}=0.76-0.013In10$$

$$E_{Cell}=0.76-0.013(2.3)\Rightarrow E_{Cell}=0.76-0.0299=+0.73$$

س(4-8) راجع الملزمة

س(4-9) اذا علمت ان جهد الاختزال القياسية لأنصاف التفاعلات الاتية عند $25C^0$ هي

$$PbSO_4+2e^-\rightarrow Pb_{(s)}+SO_4^{2-}\cdots E^0=-0.359V$$
$$PbI_{2(s)}+2e^-\rightarrow Pb_{(s)}+2I^-\cdots\cdots E^0=-0.365V$$

احسب ثابت الاتزان للتفاعل الاتي $PbSO_4+2I^-\rightarrow PbI_{2(s)}+SO_4^{2-}$ ج / 1.6

الجواب / نقلب المعادلة الثانية ثم نجمعها مع الاولى بما ان اقل جهد يمثل الانود نقلب الاشارة وتصبح موجبة

$$PbSO_4+2e^-\rightarrow Pb_{(s)}+SO_4^{2-}\cdots E^0=-0.359V$$
$$Pb_{(s)}+2I^-\rightarrow PbI_{2(s)}+2e^-\cdots\cdots E^0=+0.365V$$
$$PbSO_4+2I^-\rightarrow PbI_{2(s)}+SO_4^{2-}\ E^0=+0.006V$$

$$E^0=\frac{0.026}{2}\ln K\Rightarrow +0.006V=0.013\ln K$$

$$\ln K=\frac{0.006}{0.013}=0.46\Rightarrow 2.3\log K=0.46\Rightarrow \log K=\frac{0.46}{2.3}=0.2$$

بالقسمة على log نحصل على

$$\frac{\log}{\log}K=\log^{-}0.2\Rightarrow K=10^{0.2}\Rightarrow \boxed{K=1.6}$$

س(10-4) بين ايهما يحرر الهيدروجين الالمنيوم ام الذهب عند تفاعلها مع الحوامض المخففة اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية للألمنيوم $E^0_{Al^{3+}/Al} = -1.66(V)$ وللذهب $E^0_{Au^{3+}/Au} = -1.50(V)$ ولماذا

الاجابة:- نكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الانود (تأكسد) والكاثود (الاختزال)

تفاعل تأكسد عند الانود $2AL \rightarrow 2Al^{3+}_{(aq)} + 6e^- \quad E^0_{(anode)} = +1.66V$ (تضرب ×2)

تفاعل اختزال عند الكاثود $6H^+_{(aq)} + 6e^- \rightarrow 3H_{2(g)} \quad E^0_{(Cathode)} = 0.0V$ (تضرب×3)

تفاعل الخلية العام $2Al_{(S)} + 6H^+_{(aq)} \rightarrow 2Al^{3+}_{(aq)} + 3H_{2(g)} \quad E^0_{Cell} = +1.66(V)$

∴ التفاعل تلقائي ويستطيع الالمنيوم تحرير غاز الهيدروجين $H_{2(g)}$

س(4-11) هل يجري تفاعل الخلية التالية المعبر عنها ادناه تلقائياً ام لا ؟ علماً ان جهود الاختزال القياسية $E^0_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} = +0.77(V)$ و $E^0_{Br_2/Br^-} = +1.07(V)$

$Pt / Fe^{2+}(1M);Fe^{3+}(1M) \| Br^-(1M) / Br_2(1atm) / Pt$ ج/ يمكن

الاجابة :- نكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الانود (تأكسد) والكاثود (الاختزال)

تفاعل تأكسد عند الانود $2Fe^{2+}_{(aq)} \rightarrow 2Fe^{3+}_{(aq)} + 2e^- \quad E^0_{(anode)} = -0.77(V)$ تضرب ×2

تفاعل اختزال عند الكاثود $Br_{2(g)} + 2e^- \rightarrow 2Br^-_{(aq)} \quad E^0_{(Cathode)} = 1.07(V)$

تفاعل الخلية العام $2Fe^{2+}_{(aq)} + Br_{2(g)} \rightarrow 2Fe^{3+}_{(aq)} + 2Br^-_{(aq)} \quad E^0_{Cell} = +1.7(V)$

∴التفاعل تلقائي يمكن لأيون الحديد III اكسدة ايون البروميد Br^-

---

س(4-12) امرار تيار كهربائي شدته 9.65A لترسيب النيكل في محلول مائي يحتوي على ايونات النيكل لمدة 50min فاذا علمت ان 1.12L من الهيدروجين عند STP تحرر ايضاً عند الكاثود ما كتلة النيكل المترسبة $M_{Ni} = 58.7(g/mol)$ ج/ 5.87(g)

نجد الكمية الكهربائية من

$$Q = \frac{I \times t}{96500} \Rightarrow Q = \frac{9.65 \times 50 \times 60}{96500} = \frac{9.65 \times 30}{965} = \frac{28950}{965}$$

$Q_T = 0.3mol.e^-$

بما ان حجم الهيدروجين معلوم يمكن ان نحسب عدد مولات غاز الهيدروجين

$$n_{H_2} = \frac{V \times 1mol}{22.4L} \Rightarrow n = \frac{1.12(L) \times 1mol}{22.4(L)} = 0.05(mole)$$

ثم نحسب الكمية الكهربائية اللازمة لتحرير غاز الهيدروجين

$$\begin{pmatrix} 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2 \\ 2mol.e^- \quad 1mol \\ Q \quad 0.05 \end{pmatrix} \Rightarrow Q = n \times \frac{Q}{1mol} \Rightarrow Q = 0.05\,mol \times \frac{2mol.e^-}{1\,mol}$$

$Q = 0.1mol.e^-$

ثم نجد الكمية الكهربائية لترسيب النيكل من الفرق بين الكمية الكهربائية الكلية والكمية الكهربائية اللازمة

لتحرر الهيدروجين من $Q_{Ni}=Q_T-Q_{H_2}\Rightarrow Q=0.3-0.1=0.2mol.e^-$

وبعدها نحسب عدد مولات النيكل من

$$\begin{pmatrix} Ni^{2+}+2e^- \rightarrow & Ni \\ 2mol.e^- & 1mol \\ 0.2 & nmol \end{pmatrix} \Rightarrow n=Q\times\frac{1mol}{Q}\Rightarrow n=\cancel{0.2}^{0.1}\,\cancel{mol.e^-}\times\frac{1mol}{\cancel{2mol.e^-}}$$

$n=0.1mol$

$$m(g)=n\times M\Rightarrow m(g)=0.1mol\times58.7=5.87(g)$$

عدد غرامات النيكل المترسبة عند الكاثود

س(4-13) احسب جهد قطب غاز H_2 في $25C^0$ وضغط 1atm اذا علمت ان PH محلولهاالالكتروليتي =1

ج/ $-0.0592V$

الاجابة :- نكتب تفاعل نصف الخلية عند الكاثود(الاختزال)

$$\begin{pmatrix} 2H^+_{(aq)}+2e^- \rightarrow H_{2(g)}\ E^0_{Cathode}=0.0(V) \\ 0.1M \qquad\qquad 1atm \end{pmatrix}\Rightarrow E_{H_2}=E^0_{H_2}-\frac{0.026}{n}InQ$$

$$E_{H_2}-E^0_{H_2}=-\frac{0.026}{2}In\frac{1}{(0.1)^2}\Rightarrow E_{H_2}-0=-0.013In\frac{1}{10^{-2}}$$

$$E_{H_2}=-0.013In10^2\Rightarrow E_{H_2}=-0.013\left(2.3\times\log10^2\right)$$

$$E_{H_2}=-0.013(2\times2.3)\Rightarrow E_{H_2}=-0.013\times4.6=-0.0598$$

س(4- 14) هل يمكن حفظ محلول ملح الطعام في اناء من النحاس ؟ علماً ان جهود الاختزال القياسية

$E^0_{Cu^{2+}/Cu}=+0.34(V)$ و $E^0_{Na^+/Na}=-2.70(V)$ ج/ يمكن

الاجابة:- نكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الانود (تأكسد) والكاثود (الاختزال)

تفاعل تأكسد عند الانود $Cu_{(S)}\rightarrow Cu^{2+}_{(aq)}+\cancel{2e^-}\ E^0_{anode}=-0.34V$

تفاعل اختزال عند الكاثود $2Na^+_{(aq)}+\cancel{2e^-}\rightarrow 2Na_{(S)}\ E^0_{(Cathode)}=-2.70(V)$ تضرب ×2

تفاعل الخلية العام $Cu_{(S)}+2Na^+_{(aq)}\rightarrow Cu^{2+}_{(aq)}+2Na_{(S)}\ E^0_{Cell}=-3.04(V)$

.:يمكن حفظ النحاس Cu لانه لا يتفاعل مع ملح الطعام (تفاعل غير تلقائي)

س(4-15) عند التحليل الكهربائي للماء يتحرر غاز الهيدروجين والاوكسجين ما حجم خليط الغازي المتحررين عند STP التي تنتج من امرار $0.2mol.e^-$ في الخلية ؟ ج / 3.36L

الجواب بما انه عند تحلل الماء كهربائياً يتحرر مول واحد من غاز الاوكسجين ومولين من غاز الهيدروجين

نجد عدد مولات كل منهما $2H_2O\rightarrow 2H_{2(g)}+O_{2(g)}$

$$\begin{pmatrix} 2H_2O\rightarrow O_2+4H^+ & +4e^- \\ 1mol & 4mol.e^- \\ n & 0.2mol.e^- \end{pmatrix}\Rightarrow n_{O_2}=Q\times\frac{1mol}{Q}\Rightarrow n_{O_2}=\cancel{0.2}^{0.1}\,\cancel{mol.e^-}\times\frac{1mol}{\cancel{4}^{2}\,\cancel{mol.e^-}}$$

$n_{O_2}=0.05mol$

بما انه يتحرر 2mol من غاز الهيدروجين فان عدد مولات الغاز

$$n_{H_2} = 0.05 \times 2 = 0.1mol$$

ثم نحسب عدد المولات الكلي لغازي الهيدروجين والاوكسجين

$$n_T = n_{H_2} + n_{O_2} \Rightarrow n_T = 0.05 + 0.1 = 0.15(mole)$$

$$V(L) = \frac{n \times 22.4L}{1mol} = \frac{0.15\,\cancel{mol} \times 22.4L}{1\,\cancel{mol}} = 3.36L$$

س(4-16) ما هو التيار بالأمبير (A) اللازم لترسيب $5g$ من الذهب في ساعة واحدة على سطح الكاثود من محلول يحتوي على ملح للذهب حالة التأكسد للذهب فيه $(+3)$ ؟ ج / $2.01A$

الاجابة:- نحسب عدد المولات من الكتلة المولية المعلومة وعدد الغرامات المعلومة (وزاري)

$$n(mole) = \frac{m(g)}{M(g/mole)} = \frac{5(\cancel{g})}{197(\cancel{g}/mole)} = 0.025(mole)$$

وحسب معادلة اختزال الذهب نجد ان $3mol.e^-$ ترسب من الذهب $1mole$ نستطيع حساب الكمية الكهربائية

$$\left(Au^{3+}_{(aq)} + \underset{3mol.e^-}{3e^-} \xrightarrow{Cathode} \underset{1mole}{Au \downarrow} \right) \Rightarrow \boxed{\begin{aligned} Q &= n(mole) \times \frac{Q_{e^-}}{1mole} \Rightarrow \\ Q &= 0.025\,(\cancel{mole}) \times \frac{3mole.e^-}{1\,\cancel{mole}} \end{aligned}}$$

$$Q = 0.075mol.e^- \Rightarrow Q(mol.e^-) = \frac{IA \times t(s)}{96500(C/mol.e^-)}$$

$$0.075\,(\cancel{mol.e^-}) = \frac{I \times (1 \times 3600s)}{96500(C/\cancel{mol.e^-})}$$

$$0.075 \times 96500 = IA \times 3600s \Rightarrow IA = \frac{7237.5}{3600} \Rightarrow \boxed{IA = 2.01(A)}$$

س(4-17) راجع الملزمة

س(4-18) لماذا يجب ان يكون جهد الخلية الكلفانية موجباً؟

الاجابة:- الان الخلية تعمل بشكل تلقائي $(\Delta G = -)$ يجب ان تكون قيمة جهد الخلية موجبة $(E_{Cell} = +)$

من العلاقة $(\Delta G = -nFE_{Cell})$

س(4-19) احسب تركيز ايونات الخارصين في محلول قطب الخارصين اذا كان جهد اختزال الخارصين غير القياسي يساوي $-0.82(V)$ وجهد اختزاله القياسي $E^0_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76(V)$ ج / $0.01(mol/L)$

الاجابة :- نكتب تفاعل نصف الخلية عند الكاثود (الاختزال)

$$\begin{pmatrix} Zn^{2+}_{(aq)} & +2e^- & \rightarrow Zn_{(s)} \\ XM & 2mol.e^- & 1M \end{pmatrix} \Rightarrow E_{Cell} = E^0_{Cell} - \frac{0.026}{n} In \frac{[Zn]}{[Zn^{2+}]}$$

$$E_{Cell} - E^0_{Cell} = -\frac{0.026}{2} In \frac{1}{X} \Rightarrow -0.82 + 0.76 = -0.013 In \frac{1}{X}$$

$$-0.06V = -0.013 In \frac{1}{X} \Rightarrow In \frac{1}{X} = \frac{-0.06}{-0.013} \Rightarrow In \frac{1}{X} = 4.6$$

$$2.3 \times \log \frac{1}{X} = 4.6 \Rightarrow \log \frac{1}{X} = \frac{4.6}{2.3} \Rightarrow \log \frac{1}{X} = 2 \Rightarrow \frac{\log}{\log} \frac{1}{X} = \log^{-} 2$$

$$\frac{1}{X} = 10^2 \Rightarrow X = \frac{1}{100} = 0.01(mole/L) = [Zn^{2+}]$$

س(4-20) خلية كلفانية تفاعلها العام في درجة $25C^0$

$Cu^{2+}_{(aq)}(0.01M) + Cd_{(S)} \rightarrow Cu_{(S)} + Cd^{2+}_{(aq)}(0.1M)$ وجهدها القياسي يساوي $+0.74(V)$ احسب التغير في الطاقة الحرة . ج / $-137030J/mol$

الاجابة:- نكتب معادلة نيرنست

$$E_{Cell} = E^0_{Cell} - \frac{0.026}{n} In \frac{[Cd^{2+}]}{[Cu^{2+}]} \Rightarrow E_{Cell} = 0.74V - \frac{0.026}{2} In \frac{0.1}{0.01}$$

$$E_{Cell} = 0.74(V) - 0.013 In10 \Rightarrow E_{Cell} = 0.74V - 0.013 \times 2.3$$

$$E_{Cell} = 0.74(V) - 0.0299 = 0.71(V)$$

$$\Delta G = -nFE_{Cell} \Rightarrow \Delta G = -2 \times 96500C/mol.e^- \times 0.71V$$

$$\Delta G = -193000 \times 0.71V \Rightarrow \Delta G = -137030(J/mol)$$

س(4-21) ما مقدار التغير في الطاقة الحرة للخلية التالية في درجة $25C^0$ علماً ان $K_{eq} = 2.3 \times 10^4$ وان التفاعل العام لهذه الخلية:
$2H^+_{(aq)}(1M) + Pb_{(S)} \rightarrow H_{2(g)} + Pb^{2+}_{(aq)}(0.01M)_{(S)}$ ج/ $-36515J/mol$

الاجابة:-

$$E^0_{Cell} = \frac{0.026}{n} InK_{eq} \Rightarrow E^0_{Cell} = \frac{0.026}{2} In(2.3 \times 10^4)$$

$$E^0_{Cell} = 0.013 \times 9.9536077 \Rightarrow E^0_{Cell} = 0.1293969(V)$$

$$2H^+_{(aq)}(1M) + Pb_{(S)} \rightarrow H_{2(g)} + Pb^{2+}_{(aq)}(0.01M)$$

$$E_{Cell} = E^0_{Cell} - \frac{0.026}{2} In \frac{[Pb^{2+}]}{[H^+]^2} \Rightarrow E_{Cell} = 0.13622 - 0.013 In \frac{0.01}{1^2}$$

$$E_{Cell} = 0.1293969 - 0.013 In10^{-2} \Rightarrow E_{Cell} = 0.1293969 - 0.013(-4.6)$$

$$E_{Cell} = 0.1293969 + 0.00598 = 0.1891969V(V)$$

$$\Delta G = -nFE \Leftrightarrow \Delta G = -2 \times 96500 \times 0.1891969V$$

$$\Delta G = -193000 \times 0.1891969V = -36515(J/mole)$$

س(4-22) خلية فولتائية في درجة $25C^0$ تفاعلها العام $Sn^{2+}_{(aq)} + Ni_{(S)} \rightarrow Sn_{(S)} + Ni^{2+}_{(aq)}$
اذا علمت ان جهد الخلية غير القياسي يساوي $(+0.17V)$ احسب تركيز ايونات النيكل Ni^{2+} علماً ان قطب القصدير في ظروفه القياسية وجهود الاختزال $E^0_{Sn^{2}/Sn} = -0.14(V)\ E^0_{Ni^{2+}/Ni} = -0.25(V)$

ج/ $0.01mol/L$

الاجابة:-نكتب تفاعلات الخلية عند الانود (تأكسد) والكاثود (الاختزال)

تفاعل تأكسد عند الانود	$Ni_{(S)} \rightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^-\ E^0_{anode} = +0.25(V)$
تفاعل اختزال عند الكاثود	$Sn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Sn_{(S)}\ E^0_{Cathode} = -0.14(V)$

$$Ni_{(S)} + Sn^{2+}_{(aq)}(1M) \rightarrow Ni^{2+}_{(aq)}(X) + Sn_{(S)}\ E^0_{Cell} = +0.11V$$

$$E_{Cell} = E^0_{Cell} - \frac{0.026}{2} In \frac{X}{1} \Rightarrow E_{Cell} - E^0_{Cell} = -0.013InX$$

$$0.17 - 0.11 = -0.013InX \Rightarrow 0.06 = -0.013InX$$

$$InX = \frac{0.06}{-0.013} \Rightarrow InX = -4.6 \Rightarrow 2.3 \times \log X = -4.6$$

$$\log X = \frac{-4.6}{2.3} \Rightarrow \log X = -2 \Rightarrow \frac{\log X}{\log} = \log^-(-2) \Rightarrow X = 10^{-2} \Rightarrow [Ni^{2+}] = 0.01M$$

س(4-23) للخلية الاتية : $Al/Al^{3+}(1M)||Cd^{2+}(1M)Cd$ اذا علمت ان جهد الخلية القياسي يساوي $(1.26V)$ وجهد الاختزال القياسي للكادميوم يساوي $E^0_{Cd^{2+}/Cd} = -0.40(V)$ احسب جهد الاختزال القياسي للألمنيوم ؟ ج / $-1.66(V)$

الاجابة:-نكتب تفاعلات نصفي الخلية (تأكسد) والكاثود (الاختزال) بعد ضرب كل من تفاعل التأكسد في 2 وتفاعل الاختزال في3

تفاعل تأكسد عند الانود	$2Al_{(S)} \rightarrow 3Al^{3+}_{(aq)} + 6e^-\ E^0_{anode} = XV$
تفاعل اختزال عند الكاثود	$3Cd^{2+}_{(aq)} + 6e^- \rightarrow 3Cd_{(S)}\ E^0_{Cathode} = -0.40(V)$

$$2Al_{(S)} 3Cd^{2+}_{(aq)} \rightarrow 3Al^{3+}_{(aq)} + 3Cd_{(S)}\ E^0_{Cell} = 1.26(V)$$

$$E^0_{Cell} = E^0_{anode} + E^0_{Cathode} \Rightarrow E^0_{anode} = E^0_{Cell} + E^0_{Cathode}$$

$$E^0_{anode} = 1.26 + 0.40 = 1.66(V) \Rightarrow E^0_{Al^{3+}/Al} = -1.66$$

س(4-24) خلية كلفانية في درجة $25C^0$ احد قطبيها هو الهيدروجين وبضغط 1atm من غاز الهيدروجين والاخر قطب النيكل تركيز ايوناته فيه $0.01M$ ؟احسب الاس الهيدروجيني PH لمحلول قطب الهيدروجين اذا علمت ان مقدار الطاقة الحرة لتفاعل الخلية $-48.25KL/mol$ وان جهد اختزال قطب النيكل لقياسي $-0.25V$
الاجابة :-

$$\Delta G = -nFE \Rightarrow -48.3 \times 1000 = -2 \times 96500E \Rightarrow -48300 = 193000E$$

$$E_{Cell} = \frac{-48300}{193000} = 0.25025(V)$$

نكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الانود (تأكسد) والكاثود (الاختزال)

$$Ni_{(S)} \rightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + 2e \quad E^0_{anode} = +0.25(V)$$ تفاعل تأكسد (الانود)

$$2H^{+}_{(aq)} + 2e \rightarrow H_{2(g)} \quad E^0_{Cathode} = 0.0(V)$$ تفاعل اختزال(الكاثود)

$$Ni_{(s)} + 2H^{+}_{(aq)}(X^2) \rightarrow Ni^{2+}_{(aq)}(0.01) + H_{2(g)} \quad E^0_{Cell} = 0.25(V)$$

$$E_{Cell} = E^0_{Cell} - \frac{0.026}{n} In \frac{[Ni^{2+}]}{[H^+]^2} \Rightarrow E_{Cell} - E^0_{Cell} = -\frac{0.026}{2} In \frac{0.01}{X^2}$$

$$0.25025 - 0.25 = -0.013 In \frac{0.01}{X^2} \Rightarrow 0.0003 = -0.013 In \frac{0.01}{X^2}$$

$$In \frac{0.01}{X^2} = \frac{0.0003}{-0.013} \Rightarrow In \frac{0.01}{X^2} = -0.023$$ بالقسمة على e^X

$$\frac{In}{e^X} \frac{0.01}{X^2} = e^{-0.023} \Rightarrow \frac{0.01}{X^2} = 0.977 \Rightarrow X^2 = \frac{0.01}{0.977} \Rightarrow X^2 = 0.01$$

$$\Rightarrow \boxed{X = \sqrt{0.01} = 0.1(mol/L) = [H^+]}$$

$$PH = -\log[H^+] \Rightarrow PH = -\log 0.1 \Rightarrow \boxed{PH = 1}$$

س(4-25) اذا علمت ان جهد الخلية الاتية : $Sn / Sn^{2+}(?M) || Ag^+(1M) / Ag$ عند درجة $25C^0$ يساوي 0.9992 فولت .جد تركيز ايونات القصدير Sn^{2+} في محلول القطب علماً ان قطب الفضة في ظروفه القياسية وجهود الاختزال القياسية $E^0_{Sn^{2+}/Sn} = -0.14(V)$ و $E^0_{Ag^+/Ag} = +0.80(V)$ ج / $0.01mol/L$

الاجابة:-نكتب تفاعلات الخلية عند الانود(تأكسد) والكاثود (الاختزال)

$$Sn_{(S)} \rightarrow Sn^{2+}_{(aq)} + 2e \quad E^0_{anode} = +0.14(V)$$

$$2Ag^{1+}_{(aq)} + 2e \rightarrow Ag_{(aq)} \quad E^0_{(Cathode)} = 0.80(V)$$

$$Sn_{(S)} + 2Ag^{1+}_{(aq)} \rightarrow Sn^{2+}_{(aq)} + 2Ag^{1+}_{(aq)} \quad E^0_{Cell} = 0.94(V)$$

$$E_{Cell} - E^0_{Cell} = -\frac{0.026}{2} In \frac{[Sn^{2+}]}{[Ag^+]} \Rightarrow 0.9992 - 0.94 = -0.013 In \frac{X}{1^2}$$

$$0.0592 = -0.013 InX \Rightarrow InX = \frac{0.0592}{-0.013}$$

$$\frac{In}{e^X} X = e^{-4.6} \Rightarrow X = 0.01M = [Sn^{2+}]$$ بالقسمة على e^X

س(4-26) امرر تيار شدته 10A خلال 965s في خلية تحليل كهربائي تحتوي على كبريتات النحاس ما هو وزن النحاس المترسب وعدد ذراته علماً ان الكتلة الذرية للنحاس = 63 ج / $0.3 \times 10^{23} atoms; 3.15g$

الاجابة :- نجد الكمية الكهربائية من

$$Q = \frac{I(A) \times t(s)}{96500} \Rightarrow Q = \frac{10 \times 965}{96500} = \frac{9650}{96500} \Rightarrow Q = 0.1 mol.e^-$$

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(S)}$$
$$2mol.e^- \qquad 1mple$$

من معادلة اختزال النحاس نجد $2(mol.e^-)$ ترسب 1mole من النحاس فان عدد مولات تساوي:

$$n = Q \times \frac{1mole}{Q_{e^-}} \Rightarrow n = 0.1\,mol.e^- \times \frac{1mole}{2\,mol.e^-}$$

$$n(mole) = \frac{0.1mole}{2} = 0.05mole \Rightarrow \begin{array}{|l|} m(g) = n \times M \\ m(g) = 0.05(mole) \times 63(g/mole) \\ m(g) = 3.15(g) \end{array}$$

$$atoms = n \times N_A \Rightarrow atoms = 0.05 \times 6.023 \times 10^{23} = 0.3 \times 10^{23} atoms$$

س(27-4) احسب عدد الالكترونات اللازمة لتحرير ضعف الحجم المولي لغاز الاوكسجين في STP (معلومة : الحجم المولي لاي غاز يساوي 22.4L ؟ ج / $48.16 \times 10^{23} e$

الاجابة :- نكتب معادلة تحلل الماء كهربائياً : $\Rightarrow \begin{pmatrix} 2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^- \\ 22.4L \qquad 4mol.e^- \\ 44.8L \qquad Q \end{pmatrix}$

$$Q = VL \times \frac{Q_{e^-}}{22.4L} \Rightarrow Q = 44.8\,L \times \frac{4mol.e^-}{22.4\,L} \Rightarrow Q = 8mol.e^- = n$$

e عددالالكترونات $= n \times N_A \Rightarrow e^- = 8mol.e^- \times 6.023 \times 10^{23}$

$$\boxed{e^- = 48.184 \times 10^{23} e^-}$$

س(28-4) احسب التغير في الطاقة الحرة لتفاعل الخلية التالي في درجة $25C^0$

$Mg / Mg^{2+}(1M) || Br^-(0.1M) / Br_2(1atm) / Pt$ اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية

$E^0_{Br_2/Br^-} = +1.07(V)$ و $E^0_{Mg^{2+}/Mg} = -2.37(V)$ ج/ 675500J / mol

الاجابة:- نكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الانود(تأكسد) والكاثود (اختزال)

تفاعل تأكسد عند الانود $Mg_{(S)} \rightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + 2e^- \quad E^0_{anode} = +2.37(V)$

تفاعل اختزال عند الكاثود $Br_{2(g)} + 2e^- \rightarrow 2Br^-_{(aq)} \quad E^0_{Cathode} = +1.07(V)$

تفاعل الخلية العام $Mg_{(S)} + Br_{2(g)} \rightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + 2Br^-_{(aq)} \quad E^0_{Cell} = +3.44(V)$

$$1atm \qquad 1M \qquad 0.1M$$

$$E_{Cell} = E^0_{Cell} - \frac{0.026}{n} In[Mg^{2+}][Br^-]^2 \Rightarrow E_{Cell} = 3.44V - 0.013 In1 \times (0.1)^2$$

$$E_{Cell} = 3.44(V) - 0.013(2.3 \times \log 10^{-2}) \Rightarrow E_{Cell} = 3.44V - 0.013(-4.6)$$

$$E_{Cell} = 3.44(V) + 0.0598 = 3.4998(V) \quad \boxed{E_{Cell} = 3.5(V)}$$

$$\Delta G = -FnE_{Cell} \Rightarrow \begin{array}{l} \Delta G = -2(\cancel{mol.e^-}) \times 96500(C/\cancel{mol.e^-}) \times 3.5(V) \\ \Delta G = -193000(C) \times 3.5(V) \\ \Delta G = -675500(J/mole) \end{array}$$

علماً ان الكولوم (C) ×الفولتية(V) يساوي الجول(J)

س(4-29) احسب شدة التيار اللازم امراره لمدة 2hr و 520s في خلية تحليل الماء كهربائياً لكي يحرر 36.12×10^{21} جزيئة من الهيدروجين والاوكسجين على قطبي الخلية ؟ ج / 1A

الاجابة : تحويل الزمن من ساعة الى ثواني ثم نكتب معادلة تحلل الماء كهربائياً

$$t(s) = 2(\cancel{hr}) \times \frac{3600s}{1\cancel{hr}} + 520s \Rightarrow 7200 + 520s = 7720(s)$$

$$\begin{pmatrix} 2H_2O \rightarrow & 2H_{2(g)} & + O_{2(g)} \\ 36.12\times10^{21} & 2X & X \end{pmatrix} \Rightarrow \boxed{\begin{array}{l} 36.12\times10^{21} = 2X + X \\ 36.12\times10^{21} = 3X \end{array}}$$

$$X = \frac{\overset{12.04}{\cancel{36.12}} \times 10^{21}}{\cancel{3}} = 12.04\times10^{21} atoms$$

0 1320.6mNmota عدد جزيئات N_A 23

$$12.04\times10^{21} atoms = n \times 6.023\times10^{23} \Rightarrow n = \frac{12.04\times10^{21} atoms}{6.023\times10^{23}} = 0.02mole$$

$$\begin{pmatrix} 2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + & 4e^- \\ 1mol & 4mol.e^- \end{pmatrix}$$

وحسب تفاعل خلية التحليل الكهربائي للماء نلاحظ ان كل $4mol.e^-$ تحرر 1mole من الاوكسجين فعدد $mol.e^-$ تساوي

$$Q(mol.e^-) = n(mol) \times \frac{Q_{e^-}}{1mol} \Rightarrow Q(mol.e^-) = 0.02(\cancel{mol}) \times \frac{4mol.e^-}{1\cancel{mol}}$$

$$Q(mol.e^-) = 0.08(mol.e^-)$$

$$Q(mol.e^-) = \frac{I(A)\times t(s)}{96500C/(mol.e^-)} \Rightarrow 0.08(mol.e^-) = \frac{IA\times7720}{96500}$$

$$IA = \frac{0.08\times96500}{7720} \Rightarrow IA = \frac{\cancel{7720}}{\cancel{7720}} = 1(A)$$

س(4-30) اراد احد الصاغة طلاء خاتم بالذهب فأمرر تيار شدته 10A في خلية الطلاء الكهربائي تحتوي على احد املاح الذهب فترسب الذهب على خاتم ، لوحظ انه خلال 9.65s ان 75% من الكهربائية قد استهلك لترسيب الذهب فما كتلة الذهب المترسب ؟ الكتلة الذرية للذهب 197 ج / 0.05g

الاجابة:- نحسب الكمية الكهربائية الكلية المار في الخلية Q

$$0.05gQ = \frac{IA \times t_S}{96500C/mol.e^-} \Rightarrow Q = \frac{10A \times 9.65_S}{96500C/mol.e^-}$$

$$Q = \frac{96.5}{96500} = 0.001(mol.e^-) \Rightarrow \% = \frac{X}{Q_{T_3}} \times 100\% \Rightarrow 0.75 = \frac{X}{0.001} \times 100$$

$$\Rightarrow 0.75 \times 10^{-3} = X100 \Rightarrow X = \frac{0.75 \times 10^{-3}}{100} \Rightarrow X = 0.75 \times 10^{-5} mol.e^-$$

الكمية الكهربائية اللازمة لترسيب الذهب

$$Au^{3+}_{(aq)} + 3e^- \rightarrow Au \downarrow$$
$$3mol.e^- \quad 1mol$$

من تفاعل الاختزال الذهب نجد ان 3mol.e⁻ ترسب 1mole من الذهب فان عدد المولات تساوي

$$n(mol) = Q \times \frac{1mol}{Q_{e^-}} \Rightarrow n(mol) = 7.5 \times 10^{-4} (mol.e^-) \times \frac{1mol}{3mol.e^-}$$

$$n(mol) = \frac{7.5 \times 10^{-4} mol}{3} = 2.5 \times 10^{-4} (mol)$$

$$m(g) = n(mol) \times M(g/mol) \Rightarrow m(g) = 2.5 \times 10^{-4} (mol) \times 197(g/mol)$$

$$m(g) = 492.5 \times 10^{-4} (g) \approx\Rightarrow m(g) = 0.04925 \approx 0.05(g)$$

س(31-4) يسري تيار كهربائي لفترة $3.75hr$ خلال خليتي تحليل كهربائي مربوطتين على التوالي تحتوي الخلية الاولى محلول $AgNO_3$ في حين تحتوي الثانية على محلول $CuCl_2$ وخلال هذا الزمن ترسب $2g$ من الفضة في الخلية الاولى (آ) كم عدد غرامات النحاس التي ستترسب في الخلية الثانية (ب) ما قيمة التيار الساري بالأمبير

الاجابة :- نجد عدد المولات

$$n(mole) = \frac{m(g)}{M(g/mole)} \Rightarrow n(mole) = \frac{2(g)}{108(g/mole)}$$

$$n(mole) = 0.02mole$$

نكتب تفاعل نصف الخلية عند الكاثود نجد ان 1mole.e⁻ ترسب مول واحد من الفضة نجد Q

$$\left((1) Ag^+_{(aq)} + 1e^- \rightarrow Ag \downarrow \quad 1mol.e^- \; 1mole \right) \Rightarrow Q = n \times \frac{Q_{e^-}}{1mole} \Rightarrow Q = 0.02 mole \times \frac{1mol.e^-}{1mole}$$

$$Q = 0.02mol.e^-$$

الكمية الكهربائية المارة بالخليتين هي نفسها $0.02mol.e^-$ ثم نكتب معادلة نصف الخلية عند الكاثود ونجد ان 2mole.e⁻ ترسب 1mole من النحاس عند الكاثود نستخرج عدد المولات

$$0.02mol.e^- \left(Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu \downarrow \quad 2mol.e^- \; 1mole \right) \Rightarrow n(mole) = Q \times \frac{1mole}{Q_{e^-}}$$

$$n = 0.02 \, mol.e^- \times \frac{1mole}{2 \, mol.e^-} = 0.01mole$$

نجد عد غرامات النحاس المترسبة عند الكاثود

$$m(g) = n(mole) \times M(g/mole)$$

$$m(g)=0.01\,mole\times 63.5g/mole=0.635(g)\approx 0.64(g)$$

نحول الزمن الى ثواني $t(s)=3.75\,hr\times\frac{3600s}{1\,hr}=13500s$ ثم نجد التيار الكهربائي

$$Q=\frac{I(A)\times t(s)}{96500}\Rightarrow I(A)=\frac{Q\times 96500}{t(s)}$$

$$I(A)=\frac{0.02\times 96500}{13500(s)}=\frac{19.30}{135}=0.14(A)$$

س(4-32) زن المعادلات الاتية بطريقة نصف التفاعل

$1)H^+ + Zn\rightarrow H_2+Zn^{2+}\cdots 2)Fe^{2+}+Cl_2\rightarrow Fe^{3+}+Cl^-$

$3)Au^{3+}+Cu\rightarrow Au+Cu^{2+}$

نزن المعادلة الاولى $1)H^+ + Zn\rightarrow H_2+Zn^{2+}$

1- نقسم التفاعل الى نصفي التفاعل

نصف تفاعل (تأكسد) $Zn_{(s)}\rightarrow Zn^{2+}$ و نصف تفاعل (اختزال) $H^{+1}\rightarrow H_2^{\,0}$

2- نوازن اعداد الذرات في كل من نصفي التفاعل (تأكسد) $Zn_{(s)}\rightarrow Zn^{2+}$ (اختزال) $2H^+\rightarrow H_2$

3- نوازن الشحنات بإضافة الالكترونات (مجموع الشحنات في يسار المعادلة مساوياً لعدد الشحنات في اليمين

(تأكسد) $Zn_{(s)}\rightarrow Zn^{2+}+2e^-$ و(اختزال) $2H^+ + 2e^-\rightarrow H_2$

4- نلاحظ عدد الالكترونات المفقودة متساوي في كلا التفاعلين اذن نجمع المعادلات

نصف تفاعل (تأكسد) $Zn_{(s)}\rightarrow Zn^{2+}+\cancel{2e^-}$

نصف تفاعل (اختزال) $2H^+ + \cancel{2e^-}\rightarrow H_2$

$$Zn_{(s)}+2H^+\rightarrow Zn^{2+}_{(aq)}+H_{2(g)}$$

نزن المعادلة الثانية $2)Fe^{2+}+Cl_2\rightarrow Fe^{3+}+Cl^-$ 1- نقسم التفاعل الى نصفي التفاعل

نصف تفاعل (تأكسد) $Fe^{2+}\rightarrow Fe^{3+}$ و نصف تفاعل (اختزال) $Cl^-\rightarrow Cl_2$

2- نوازن اعداد الذرات في كل من نصفي التفاعل (تأكسد) $Fe^{2+}\rightarrow Fe^{3+}$

و نصف تفاعل (اختزال) $Cl_2\rightarrow 2Cl^-$

3- نوازن الشحنات بإضافة الالكترونات (مجموع الشحنات في يسار المعادلة مساوياً لعدد الشحنات في اليمين

(تأكسد) $Fe^{2+}\rightarrow Fe^{3+}+1e^-$ تفاعل (اختزال) $Cl_2+2e^-\rightarrow 2Cl^-$

4- نلاحظ عدد الالكترونات المفقودة غير متساوي في كلا المعادلتين لذا نقوم بمساواتها ثم نجمع المعادلات

نصف تفاعل (تأكسد) $2Fe^{2+}\rightarrow 2Fe^{3+}+\cancel{2e^-}$

نصف تفاعل(اختزال) $Cl_2+\cancel{2e^-}\rightarrow 2Cl^-$

$$2Fe^{2+}+Cl_2\rightarrow 2Fe^{3+}+2Cl^-$$

نصف تفاعل(اختزال) $N^{+5}O_3^{-} \rightarrow N^{0}O$ 2- نوازن عدد الذرات

نصف تفاعل (تأكسد) $P_4 \rightarrow 4H_3PO_4$ و نصف تفاعل(اختزال) $NO_3^{-} \rightarrow NO$

3- نوازن ذرات الاوكسجين والهيدروجين وعدد الشحنات

نصف تفاعل (تأكسد) $P_4 + 16H_2O \rightarrow 4H_3PO_4 + 20H^+ + 20e^-$

و نصف تفاعل(اختزال) $NO_3^{-} + 4H^+ + 3e^- \rightarrow NO + 2H_2O$

4- نوازن عدد الالكترونات المفقودة والمكتسبة نضرب الاولى في 3 والثانية في 20 ثم نجمع

نصف تفاعل (تأكسد) $3P_4 + 48H_2O \rightarrow 12H_3PO_4 + 60H^+ + 60e^-$

نصف تفاعل(اختزال) $20NO_3^{-} + 80H^+ + 60e^- \rightarrow 20NO + 40H_2O$

تفاعل تأكسد واختزال $3P_4 + 20NO_3^{-} + 8H_2O + 20H^+ \rightarrow 12H_3PO_4 + 20NO$

5- نضيف OH^- الى طرفي المعادلة وبعدها نجمع OH^- و H^+

آ- $3P_4 + 20NO_3^{-} + 8H_2O + 20H^+ + 20OH^- \rightarrow 12H_3PO_4 + 20NO + 20OH^-$

ب- $3P_4 + 20NO_3^{-} + 28H_2O \rightarrow 12H_3PO_4 + 20NO + 20OH^-$

س(4-35) في خلية تحليل الماء كهربائياً في STP تم امرار تيار كهربائي فيها لمدة 3 دقائق 13 ثانية، فتحرر غازي الهيدروجين والاوكسجين عند قطبي الخلية ، وكان مجموع حجمي الغازين المتحررين يساوي 0.0672L اكتب معادلتي نصفي الخلية والتفاعل العام لها ،ثم جد حجم كل غاز متحرر وشدة التيار المار . ج / 2A

الاجابة:-

ومن تحويل الحجم الى عدد المولات عند الظروف القياسية والحجم عند مول واحد يساوي 22.4L

نكتب تفاعلات نصفي الخلية التحلل الكهربائي للماء عند الانود والكاثود

$$2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+_{(aq)} + 4e^- \text{anode}$$ تفاعل تأكسد

$$4H^+_{(aq)} + 4e^- \rightarrow 2H_{2(g)} \text{Cathode}$$ تفاعل اختزال

$$2H_2O \rightarrow O_{2(g)} + 2H_{2(g)}$$

$$2H_2O = X + 2X \Rightarrow 0.0672L \Rightarrow 0.0672L = 3X$$

$$X = \frac{0.0672L}{3} = 0.0224(L) \Rightarrow X = 2 \times 0.0224L \Rightarrow X = 0.0448L$$ حجم الهيدروجين

$$n = V(L) \times \frac{1mol}{22.4L} \Rightarrow n = \cancel{0.0224}^{0.001} \cancel{(L)} \times \frac{1mol}{\cancel{22.4L}_1} \Rightarrow n = 0.001(mole)$$

ومن تفاعل تحرر غاز الاوكسجين نجد ان $4mol.e^-$ تحرر 1mole من غاز الاوكسجين فان العدد مولات تساوي:

$$n = Q \times \frac{1mol}{4mol.e^-} \Rightarrow 0.001 = Q \times \frac{1mol}{4mol.e^-} \Rightarrow Q = 0.001 \times 4mol.e^- = 0.0044mol.e^-$$

ثم نجد التيار الكهربائي من

$$Q = \frac{I(A) \times t(s)}{96500} \Rightarrow 0.004 = \frac{I(A) \times (3 + 60 + 13)(s)}{96500}$$

$$0.004 = \frac{I(A) \times 193(s)}{96500} \Rightarrow 0.004 \times 96500 = I(A) \times 193(s) \Rightarrow I(A) = \frac{386}{193} = 2(A)$$

نصف تفاعل (تأكسد) $CN^- + H_2O \rightarrow CNO^- + 2H^+ + 2e^-$

نصف تفاعل (اختزال) $1e^- + [Fe(CN)_6]^{3-} \rightarrow [Fe(CN)_6]^{4-}$

6- نوازن بين عدد الالكترونات المفقودة والمكتسبة نضرب الثانية في 2 ثم نجمع المعادلتين

نصف تفاعل (تأكسد) $CN^- + H_2O \rightarrow CNO^- + 2H^+ + \cancel{2e^-}$

نصف تفاعل (اختزال) $2[Fe(CN)_6]^{3-} + \cancel{2e^-} \rightarrow 2[Fe(CN)_6]^{4-}$

تأكسد واختزال $CN^- + H_2O + 2[Fe(CN)_6]^{3-} \rightarrow CNO^- + 2[Fe(CN)_6]^{4-} + 2H^+$

1- نقسم التفاعل الى نصفي التفاعل $3) Zn + NO_3^- \rightarrow Zn^{2+} + NH_4^{1+}$

نصف تفاعل (تأكسد) $Zn \rightarrow Zn^{2+}$

نصف تفاعل(اختزال) $N^{+5}O_3^- \rightarrow N^{-3}H_4^{1+}$

2- تساوي الذرات عدا H, O 3- نوازن ذرات الاوكسجين باضافة جزيئات الماء بعدد ذرات الاوكسجين

نصف تفاعل (تأكسد) $Zn \rightarrow Zn^{2+}$

نصف تفاعل(اختزال) $NO_3^- \rightarrow NH_4^{1+} + 3H_2O$

4- نوازن ذرات الهيدروجين بإضافة ايونات الهيدروجين

نصف تفاعل (تأكسد) $Zn \rightarrow Zn^{2+}$

نصف تفاعل(اختزال) $NO_3^- + 10H^+ \rightarrow NH_4^{1+} + 3H_2O$

5- نوازن عدد الشحنات نصف تفاعل (تأكسد)

نصف تفاعل (تأكسد) $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$

نصف تفاعل(اختزال) $NO_3^- + 10H^+ + 8e^- \rightarrow NH_4^{1+} + 3H_2O$

6- عدم تساوي عدد الالكترونات المفقودة والمكتسبة نضرب تفاعل التأكسد في 4 ثم نجمع المعادلتين

نصف تفاعل (تأكسد) $4Zn \rightarrow 4Zn^{2+} + \cancel{8e^-}$

نصف تفاعل(اختزال) $NO_3^- + 10H^+ + \cancel{8e^-} \rightarrow NH_4^{1+} + 3H_2O$

تأكسد واختزال $4Zn + NO_3^- + 10H^+ \rightarrow 4Zn^{2+} + NH_4^{1+} + 3H_2O$

1- نقسم التفاعل الى نصفي التفاعل الاتي : $(4) IO_3^- + HSO_3^- \rightarrow SO_4^{2-} + I_2$ الى

نصف تفاعل (تأكسد) $HS^{+4}O_3^- \rightarrow S^{+6}O_4^{2-}$ و نصف تفاعل (اختزال) $I^{+5}O_3^- \rightarrow I_2^0$

2- نوازن عدد الذرات في كل من نصفي التفاعل (عدا H و O)

نصف تفاعل (تأكسد) $HSO_3^- \rightarrow SO_4^{2-}$ و نصف تفاعل (اختزال) $2IO_3^- \rightarrow I_2$

3- نوازن ذرات الاوكسجين باضافة جزيئات الماء بعدد ذرات الاوكسجين

نصف تفاعل (تأكسد) $HSO_3^- + H_2O \rightarrow SO_4^{2-}$

نصف تفاعل (اختزال) $2IO_3^- \rightarrow I_2 + 6H_2O$

4- نوازن ذرات الهيدروجين بإضافة ايونات الهيدروجين

نصف تفاعل (تأكسد) $HSO_3^- + H_2O \rightarrow SO_4^{2-} + 3H^+$

نصف تفاعل (اختزال) $2IO_3^- + 12H^+ \rightarrow I_2 + 6H_2O$

-5 نوازن عدد الشحنات نصف تفاعل (تأكسد)

نصف تفاعل (تأكسد) $HSO_3^- + H_2O \rightarrow SO_4^{2-} + 3H^+ + 2e^-$

نصف تفاعل (اختزال) $2IO_3^- + 12H^+ + 10e^- \rightarrow I_2 + 6H_2O$

-6عدم تساوي عدد الالكترونات المفقودة والمكتسبة نضرب تفاعل التأكسد في 5 ثم نجمع

نصف تفاعل (تأكسد) $5HSO_3^- + \cancel{5H_2O} \rightarrow 5SO_4^{2-} + \cancel{15}^{3}H^+ + \cancel{10e^-}$

نصف تفاعل (اختزال) $2IO_3^- + \cancel{12H^+} + \cancel{10e^-} \rightarrow I_2 + \cancel{6}^{1}H_2O$

تفاعل تأكسد واختزال $5HSO_3^- + 2IO_3^- \rightarrow 5SO_4^{2-} + 3H^+ + I_2 + H_2O$

س(34-4) زن المعادلات الاتية بطريقة نصف التفاعل بوسط قاعدي

$(1) NO_3^- + Al \rightarrow NH_3 + AlO_2^-$

$2) [Fe(CN)_6]^{4-} + ClO_4^{2-} \rightarrow [Fe(CN)_6]^{3-} + Cr_2O_3$

$3) P_4 + NO_3^- \rightarrow H_3PO_4 + NO$

الجواب -1 نقسم التفاعل الى نصفي التفاعل $(1) NO_3^- + Al \rightarrow NH_3 + AlO_2^-$

نصف تفاعل (تأكسد) $Al^0 \rightarrow Al^{+3}O_2^-$ ونصف تفاعل (اختزال) $N^{+3}O_2^- \rightarrow NH^0_3$

2 - تساوي الذرات ماعدا H و O -3 نوازن ذرات الاوكسجين باضافة جزيئات الماء بعدد ذرات الاوكسجين

نصف تفاعل (تأكسد) $Al + 2H_2O \rightarrow AlO_2^-$

ونصف تفاعل (اختزال) $NO_2^- \rightarrow NH_3 + 2H_2O$

-4 نوازن ذرات الهيدروجين بإضافة ايونات الهيدروجين

نصف تفاعل (تأكسد) $Al + 2H_2O \rightarrow AlO_2^- + 4H^+$

نصف تفاعل (اختزال) $NO_2^- + 7H^+ \rightarrow NH^0_3 + 2H_2O$

-5 نوازن عدد الشحنات نصف تفاعل (تأكسد) $Al + 2H_2O \rightarrow AlO_2^- + 4H^+ + 3e^-$

نصف تفاعل (اختزال) $NO_2^- + 7H^+ + 6e^- \rightarrow NH_3 + 2H_2O$

-6 نوازن عدد الالكترونات المفقودة والمكتسبة نضرب تفاعل الاكسدة في 2 ثم نجمع المعادلتين

نصف تفاعل (تأكسد) $2Al + \cancel{4}^{2}H_2O \rightarrow 2AlO_2^- + \cancel{8}^{1}H^+ + \cancel{6e^-}$

نصف تفاعل (اختزال) $NO_2^- + \cancel{7H^+} + \cancel{6e^-} \rightarrow NH^0_3 + \cancel{2H_2O}$

$2Al + NO_2^- + 2H_2O \rightarrow 2AlO_2^- + NH_3 + H^+$

-7 اضافة OH^- الى طرفي المعادلة

$2Al + NO_2^- + 2H_2O + OH^- \rightarrow 2AlO_2^- + NH_3 + H^+ + OH^-$

-8 نجمع OH^- و H

$$2Al + NO_2^- + \cancel{2}H_2O + OH^- \rightarrow 2AlO_2^- + NH_3 + \cancel{H_2O}$$

نحصل على التفاعل $2Al + NO_2^- + H_2O + OH^- \rightarrow 2AlO_2^- + NH_3$

جواب المعادلة $2)\ [Fe(CN)_6]^{4-} + ClO_4^{2-} \rightarrow [Fe(CN)_6]^{3-} + Cr_2O_3$

1- نقسم التفاعل الى نصفي التفاعل

نصف تفاعل (تأكسد) $[Fe^{+2}(CN)_6]^{4-} \rightarrow [Fe^{+3}(CN)_6]^{3-}$

نصف تفاعل (اختزال) $Cr^{+6}O_4^{2-} \rightarrow Cr_2^{+3}O_3$

2- نوازن عدد الذرات نصف تفاعل (تأكسد) $[Fe(CN)_6]^{4-} \rightarrow [Fe(CN)_6]^{3-}$

نصف تفاعل (اختزال) $2CrO_4^{2-} \rightarrow Cr_2O_3$

3- نوازن الاوكسجين باضافة جزيئات الماء بعدد ذرات الاوكسجين واضافة ايون الهيدروجين لموازنة الهيدروجين

نصف تفاعل (تأكسد) $[Fe(CN)_6]^{4-} \rightarrow [Fe(CN)_6]^{3-}$

نصف تفاعل (اختزال) $2CrO_4^{2-} + 10H^+ \rightarrow Cr_2O_3 + 5H_2O$

4- نوازن عدد الشحنات نصف تفاعل (تأكسد) $[Fe(CN)_6]^{4-} \rightarrow [Fe(CN)_6]^{3-} + 1e^-$

نصف تفاعل (اختزال) $2CrO_4^{2-} + 10H^+ + 6e^- \rightarrow Cr_2O_3 + 5H_2O$

5- نوازن بين الالكترونات المفقودة والمكتسبة نضرب تفاعل التأكسد في 6 ثم نجمع المعادلتين

نصف تفاعل (تأكسد) $6[Fe(CN)_6]^{4-} \rightarrow 6[Fe(CN)_6]^{3-} + \cancel{6e^-}$

نصف تفاعل (اختزال) $2CrO_4^{2-} + 10H^+ + \cancel{6e^-} \rightarrow Cr_2O_3 + 5H_2O$

$$6[Fe(CN)_6]^{4-} + 2CrO_4^{2-} + 10H^+ \rightarrow 6[Fe(CN)_6]^{3-} + Cr_2O_3 + 5H_2O$$

6- اضافة OH^- الى طرفي المعادلة

$$6[Fe(CN)_6]^{4-} + 2CrO_4^{2-} + 10H^+ + 10OH^- \rightarrow 6[Fe(CN)_6]^{3-} + Cr_2O_3 + 5H_2O + 10OH^-$$

7- نجمع OH^- و H^+ ثم اختصار جزيئات الماء

$$6[Fe(CN)_6]^{4-} + 2CrO_4^{2-} + \cancel{10}^{5}H_2O \rightarrow 6[Fe(CN)_6]^{3-} + Cr_2O_3 + \cancel{5H_2O} + 10OH^-$$

نحصل على المعادلة الموزونة

$$6[Fe(CN)_6]^{4-} + 2CrO_4^{2-} + 5H_2O \rightarrow 6[Fe(CN)_6]^{3-} + Cr_2O_3 + 10OH^-$$

جواب المعادلة $3)P_4 + NO_3^- \rightarrow H_3PO_4 + NO$

1- نقسم التفاعل الى نصفي التفاعل

نصف تفاعل (تأكسد) $P^0{}_4 \rightarrow H_3P^{+5}O_4$

نصف تفاعل(اختزال) $N^{+5}O_3^- \rightarrow N^0O$ 2- نوازن عدد الذرات

نصف تفاعل (تأكسد) $P_4 \rightarrow 4H_3PO_4$ و نصف تفاعل(اختزال) $NO_3^- \rightarrow NO$

3- نوازن ذرات الاوكسجين والهيدروجين وعدد الشحنات

نصف تفاعل (تأكسد) $P_4 + 16H_2O \rightarrow 4H_3PO_4 + 20H^+ + 20e^-$

و نصف تفاعل(اختزال) $NO_3^- + 4H^+ + 3e^- \rightarrow NO + 2H_2O$

4- نوازن عدد الالكترونات المفقودة والمكتسبة نضرب الاولى في 3 والثانية في 20ثم نجمع

نصف تفاعل (تأكسد) $3P_4 + 48H_2O \rightarrow 12H_3PO_4 + 60H^+ + 60e^-$

نصف تفاعل(اختزال) $20NO_3^- + 80H^+ + 60e^- \rightarrow 20NO + 40H_2O$

تفاعل تأكسد واختزال $3P_4 + 20NO_3^- + 8H_2O + 20H^+ \rightarrow 12H_3PO_4 + 20NO$

5- نضيف OH^- الى طرفي المعادلة وبعدها نجمع OH^- و H^+

آ- $3P_4 + 20NO_3^- + 8H_2O + 20H^+ + 20OH^- \rightarrow 12H_3PO_4 + 20NO + 20OH^-$

ب- $3P_4 + 20NO_3^- + 28H_2O \rightarrow 12H_3PO_4 + 20NO + 20OH^-$

س(4-35) في خلية تحليل الماء كهربائياً في STP تم امرار تيار كهربائي فيها لمدة 3 دقائق 13 ثانية، فتحرر غازي الهيدروجين والاوكسجين عند قطبي الخلية ، وكان مجموع حجمي الغازين المتحررين يساوي 0.0672L اكتب معادلتي نصفي الخلية والتفاعل العام لها ،ثم جد حجم كل غاز متحرر وشدة التيار المار . ج / 2A

الاجابة:-

ومن تحويل الحجم الى عدد المولات عند الظروف القياسية والحجم عند مول واحد يساوي 22.4L

نكتب تفاعلات نصفي الخلية التحلل الكهربائي للماء عند الانود والكاثود

تفاعل تأكسد: $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+_{(aq)} + 4e^-$ anode

تفاعل اختزال: $4H^+_{(aq)} + 4e^- \rightarrow 2H_{2(g)}$ Cathode

$$2H_2O \rightarrow O_{2(g)} + 2H_{2(g)}$$

$$2H_2O = X + 2X \Rightarrow 0.0672L \Rightarrow 0.0672L = 3X$$

$$X = \frac{0.0672L}{3} = 0.0224(L) \Rightarrow X = 2 \times 0.0224L \Rightarrow X = 0.0448L$$ حجم الهيدروجين

$$n = V(L) \times \frac{1mol}{22.4L} \Rightarrow n = \cancel{0.0224}^{0.001}\,(\cancel{L}) \times \frac{1mol}{\cancel{22.4L}_1} \Rightarrow n = 0.001(mole)$$

ومن تفاعل تحرر غاز الاوكسجين نجد ان 4mol.e- تحرر 1mole من غاز الاوكسجين فان العدد مولات تساوي:

$$n = Q \times \frac{1mol}{4mol.e^-} \Rightarrow 0.001 = Q \times \frac{1mol}{4mol.e^-} \Rightarrow Q = 0.001 \times 4mol.e^- = 0.0044mol.e^-$$

تم نجد التيار الكهربائي من

$$Q = \frac{I(A) \times t(s)}{96500} \Rightarrow 0.004 = \frac{I(A) \times (3 + 60 + 13)(s)}{96500}$$

$$0.004 = \frac{I(A) \times 193(s)}{96500} \Rightarrow 0.004 \times 96500 = I(A) \times 193(s) \Rightarrow I(A) = \frac{386}{193} = 2(A)$$

س(4-36) عند امرار $0.2mol.e^-$ في محلول كبريتات النحاس وبعد ترسيب جميع النحاس تحرر 0.448L من الهيدروجين في STP .احسب كتلة النحاس المترسبة ؟ الكتلة الذرية للنحاس = 63 ج / 5.04g

الاجابة : من تفاعل اختزال الهيدروجين نجد ان $2mol.e^-$ تحرر 1mole من غاز الهيدروجين فان Q تساوي

$$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$$
$$2mol.e^- \quad 1mol$$

$$Q = V(L) \times \frac{2mol.e^-}{22.4L} \Rightarrow Q = 0.448^{0.02} L \times \frac{2mol.e^-}{22.4^1 L}$$
$$Q = 0.02 \times 2mol.e^- = 0.04$$

Q المستهلك − Q الكلية = (Q) المتبقي

$$Q = 0.2 - 0.04 = 0.16(mol.e^-)$$

الكمية الكهربائية اللازمة لترسيب النحاس

ومن تفاعل اختزال النحاس نجد ان $2mol.e^-$ ترسب 1mole من النحاس فان عدد المولات تساوي :

$$\left(\begin{array}{l} Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu\downarrow \\ \quad 2mol.e^- \quad 1mol \end{array}\right) \Rightarrow \boxed{\begin{array}{l} n(mol) = Q \times \frac{1mol}{Q_{e^-}} \\ n(mol) = 0.16\, mol.e^- \times \frac{1mol}{2\, mol.e^-} \end{array}}$$

$$n(mol) = 0.08(mol) \Rightarrow m(g) = n(mol) \times M(g/mol) \Rightarrow m(g) = 0.08 \times 63$$
$$m(g) = 5.04(g)$$

س(4-37) يترسب 0.24g من احد الفلزات احادي التكافؤ على الكاثود عند امرار تيار كهربائي شدته 10A لمدة 3min و 13s في محلول احد الاملاح لذلك الفلز . احسب الكتلة الذرية للفلز المترسب ؟ ج / 24g / mol

الاجابة :- نحول الزمن من الدقائق الى الثواني

$$t(s) = 3min \times 60 + 13 \Rightarrow t(s) = 180 + 13 = 193(s)$$
$$Q = \frac{I \times t}{96500} \Rightarrow Q = \frac{10 \times 193}{96500} = \frac{1930}{96500} = 0.02(mol.e^-)$$
$$M^+ + e^- \rightarrow M_{(s)}$$

من معادلة اختزال الفلز نجد ان $1mol.e^-$ ترسب 1mol نجد ان عدد المولات تساوي :

$$Q = \frac{I \times t}{96500} \Rightarrow 0.02mole = \frac{10 \times 193}{96500} = \frac{1930}{96500} = 0.02mol.e^-$$
$$n(mole) = Q \times \frac{1mole}{Q_{e^-}} \Rightarrow n(mole) = 0.02\, mol.e^- \times \frac{1mole}{2\, mol.e^-}$$
$$n(mole) = \frac{0.02mole}{2} = 0.01mole \Rightarrow$$
$$m(g) = n \times M \Leftrightarrow 0.24g = 0.01 \times M$$
$$M(g/mole) = \frac{0.24(g)}{0.01(mole)} \Rightarrow M = 24(g/mole)$$

س(4- 38) خلية كلفانية في درجة $25C^0$ كاثودها قطب الهيدروجين وبضغط 1atm وانودها قطب الالمنيوم تركيز محلول ايوناته 0.008 عبر عنها كتابة ثم احسب PH لمحلول قطب الهيدروجين في اللحظة التي يتساوى فيها جهدها القياسي وجهدها غير قياسي ج/ 0.7

س(4-19) مما يتكون انود وكاثود البطارية الجافة ؟ اكتب تفاعلات نصفي الخلية وتفاعلها العام واهم مميزاتها

ج/ 1- الانود عبارة عن اناء خارصين يحتوي على عجينة رطبة من كلوريد الخارصين وكلوريد الامونيوم

2 – الكاثود ويتكون من الكاربون (الكرافيت)يحيط به ثنائي اوكسيد المنغنيز

تفاعل عند الانود $Zn_{(s)} + 2OH_{(aq)} \rightarrow Zn(OH)_{2(g)} + 2e^-$ anode

تفاعل عند الكاثود $2MnO_{2(S)} + 2H_2O_{(l)} + 2e^- \rightarrow 2MnO(OH)_{(S)} + 2OH_{(aq)}$

تفاعل الخلية العام $Zn_{(S)} + 2MnO_{2(S)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow Zn(OH)_{2(S)} + 2MnO(OH)_{(S)}$

اهم مميزات الخلية الجافة :

(جهدها 1.48V وغير قابلة للشحن وتستخدم في اجهزة الراديو والحاسوب وغيرها)

س(4-39) اذا علمت ان جهود الاختزال القياسي $E^0_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76(V)$ و $E^0_{Ag^{1+}/Ag} = 0.8(V)$

اجب عن ما يلي ك(1) ماذا تتوقع اذا عملت خلية فولتائية تحتوي على لوحي من الخارصين والفضة في محاليل من الكتروليتاتهم تركيز كل منهما 1M ، اي من اللوحين تقل كتلته وأي منه سوف تزداد كتلته ولماذا؟

(2) ما قيمة الطاقة الحرة الخلية فولتائية متكونة من قطب الخارصين القياسي وقطب الفضة في محلول من ايونات لفضة تركيزه 0.1M ج /. 1- لوح الخارصين تقل كتلته ولوح الفضة تزداد كتلته(2) −289500J

الاجابة:- نكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الانود(تأكسد) والكاثود (الاختزال)

$$Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \quad E^0_{anode} = +0.76V$$

$$2Ag^{1+} + 2e^- \rightarrow Ag_{(s)} \quad E^0_{Cathode} = 0.8V$$

$$Zn_{(s)} + 2Ag^{1+} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + Ag_{(s)} \quad E^0_{Cell} = 1.56(V)$$

نلاحظ ان كتلة لوح الخارصين تقل لأنها تذوب عند الانود

نلاحظ ان كتلة لوح الفضة تزداد لأنها تترسب عند الكاثود

ومن التفاعل العام للخلية نجد جهد الخلية القياسي ومنه نجد جهد الخلية غير قياسي من

$$E_{Cell} = E^0_{Cell} - \frac{0.026}{n} In \frac{[Zn^{2+}]}{[Ag^+]^2} \Rightarrow E_{Cell} = 1.56V - \frac{0.026}{2} In \frac{1}{(0.1)^2}$$

$$E_{Cell} = 1.56V - 0.013 In \frac{1}{0.01} \Rightarrow E_{Cell} = 1.56V - 0.013 In100$$

$$E_{Cell} = 1.56V - 0.013 \times 4.6 \Rightarrow E_{Cell} = 1.56V - 0.0598 \Rightarrow \boxed{E_{Cell} = 1.5(V)}$$

$$\Delta G = -nFE \Rightarrow \Delta G = -2 \times 96500 \times 1.5 \Rightarrow \Delta G = -193000 \times 1.5 \Rightarrow \Delta G = -289500J$$

س(4-40) راجع الملزمة

س(4-41) امرار تيار كهربائي في محلول يحتوي ايونات فلز ثلاثي التكافؤ فترسب نصف عدد افو كادرو من ذرات على الكاثود احسب 1- عدد الالكترونات المارة 2- كتلة الفلز المترسب علما بان الكتلة المولية للفلز =27

ج/ $1)9.03\times10^{23}e^{-} : 2)13.5g$

الجواب :-

$$\begin{pmatrix} Al^{3+} + & 3e^{-} & \rightarrow & Al \\ & 3mol.e^{-} & & 1mole \\ & e^{-} & & 3.0115\times10^{23} \end{pmatrix} \Rightarrow e^{-} = \frac{Q\times n}{1mol} \Rightarrow \frac{3mol.e^{-}\times3.0115\times10^{23}}{1mol}$$

$$\text{عدد الالكترونات} = 9.03\times10^{23}e^{-} \Rightarrow n = \frac{\text{عدد الالكترونات}}{\text{عدد افوكادرو}} \Rightarrow\Rightarrow$$

$$n = \frac{9.03\times\cancel{10^{23}}}{6.023\times\cancel{10^{23}}} = 0.5mol \Rightarrow m(g) = n(mol)\times M(g/mol)$$

$$m(g) = 0.5(\cancel{mol})\times27(g/\cancel{mol}) = 13.5(g)$$

س(4-42) طلب من احد الطلبة في المختبر حفظ محلول $CuSO_4$ فقام بحفظها في قنية مصنوعة من الالمنيوم اكان الطالب موفقاً ام لا في عملة هذا ولماذا ؟ علماً ان جهود الاختزال القياسية $Cu^{2+} = 0.34V, Al^{3+} = -1.66V$ ج/ غي موفق

$$2\times\left(Al^{3+} \rightarrow Al + \cancel{3e^{-}}\right)\ldots E^{0} = +1.66V$$

$$3\times\left(Cu^{2+} + \cancel{2e^{-}} \rightarrow Cu\right)\ldots E^{0} = 0.34V$$

$$2Al^{3+} + 3Cu^{2+} \rightarrow 2Al + Cu\ldots E^{0} = 1.10V$$

التفاعل تلقائي لا يمكن حفظه .:. غير موفق .:.

س(4-43) اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية Cu^{1+} و Cu^{2+} على التوالي $(0.34V, 0.52V)$ احسب ΔG^{0} لتفاعل الخلية الاتية : $Cu^{1+} \rightarrow Cu^{2+} + Cu$ ج/ $-17370J$

الجواب :-

$$Cu^{1+} \rightarrow Cu^{2+} + \cancel{1e^{-}}\ E_{anode} = -0.34V$$

$$Cu^{1+} + \cancel{1e^{-}} \rightarrow Cu\ldots E_{cathode} = 0.52V$$

$$2Cu^{1+} \rightarrow Cu^{2+} + Cu\ldots E^{0} = +0.18V$$

$$\Delta G^{0} = -nFE^{0} \Rightarrow -1\times96500\times0.18 \Rightarrow \Delta G^{0} = -17370J$$

تمت بعونه تعالى

للمزيد من الملازم والدروس وكل ما يخص طلبة السادس
الأعدادي زورونا على مواقع التواصل الأجتماعي ...

رحلة التفوق في السادس

عطاء بلا حدود

ا.د مينا الاحمد

ا.د اشرف الوائلي